

手続き学習としてのタッチパネル操作の習得に
関する心理学的研究

筑波大学

図書館情報メディア研究科

2019年03月

保科みず希

目次

第1章 序論.....	1
1.1 手続き学習とタッチパネル操作の関係	1
1.2 連続ボタン押し課題.....	2
1.3 エラー時のやり直し箇所に関する研究	3
1.4 片手, 両手を使用する違いに関する研究.....	5
1.5 本研究の目的.....	7
第2章 実験1.....	9
2.1 目的	9
2.2 実験方法.....	9
2.2.1 実験参加者.....	9
2.2.2 実験環境.....	10
2.2.3 刺激	10
2.2.4 手続き.....	11
2.2.5 実験デザイン.....	12
2.2.6 ボタン系列.....	12
2.3 結果.....	12
2.3.1 エラー数.....	13
2.3.2 ボタン押し回数	15
2.3.3 作業時間	17
2.4 考察.....	19
2.4.1 学習の難易度.....	19
2.4.2 ボタン押し回数	19
2.4.3 作業時間	19
2.4.4 警告画面の影響について.....	20
2.4.5 先行研究の結果との比較.....	20
第3章 実験2.....	24
3.1 目的	24
3.2 実験方法.....	24
3.2.1 実験参加者.....	24
3.2.2 実験環境.....	24
3.2.3 刺激	25
3.2.4 手続き.....	26
3.2.5 実験デザイン.....	27

3.2.6 ボタンと課題系列.....	27
3.3 結果.....	29
3.3.1 エラー数.....	29
3.3.2 反応時間.....	30
3.4 考察.....	37
3.4.1 第1学習の結果について(両手学習, 片手学習の違い).....	37
3.4.2 学習の転移について.....	38
3.4.3 第2学習の結果について(学習順序の影響).....	40
第4章 結論.....	44
4.1 実験結果まとめ.....	44
4.2 今後の課題.....	44
4.2.1 実験1.....	44
4.2.2 実験2.....	45
4.3 結論.....	46
参考文献.....	47
謝辞.....	48
付録	

図表目次

図 1-1 Hikosaka et al.(1999)の連続ボタン押し課題	2
図 1-2 All-back 学習法	4
図 1-3 Zero-back 学習法.....	4
図 1-4 Nozaki et al.(2006)の実験条件.....	6
図 1-5 Nozaki et al.(2006)で提案された片手・両手の制御モデル	6
図 1-6 本研究で設ける操作条件イメージ	7
図 2-1 実験環境.....	10
図 2-2 4×5 課題のセット例	10
図 2-3 警告画面（左:全点灯画面，右:全消灯画面）	11
図 2-4 エラー数の内訳.....	13
図 2-5 試行錯誤段階のエラー数.....	14
図 2-6 繰り返し学習段階のエラー数.....	14
図 2-7 ボタン押し回数の内訳.....	15
図 2-8 試行錯誤段階のボタン押し回数	16
図 2-9 繰り返し学習段階のボタン押し回数.....	16
図 2-10 作業時間の内訳.....	17
図 2-11 試行錯誤段階の作業時間	18
図 2-12 繰り返し学習段階の作業時間.....	18
図 2-13 先行研究との結果の比較：エラー数.....	21
図 2-14 先行研究との結果の比較：ボタン押し回数.....	22
図 2-15 先行研究との結果の比較：作業時間.....	23
図 3-1 実験環境.....	25
図 3-2 実験の画面例（左：課題表示画面，右：ボタン画面）	25
図 3-3 実験中の画面表示例	26
図 3-4 ボタン画面の番号と両手操作における操作範囲.....	28
図 3-5 エラー数の結果 左：利き手群 右：非利き手群.....	29
図 3-6 利き手群の反応時間	30
図 3-7 非利き手群の反応時間.....	31
図 3-8 第1学習の反応時間	31
図 3-9 第4,5ブロックの反応時間.....	32
図 3-10 第2学習の反応時間.....	33
図 3-11 片側実行範囲を実行する手.....	35

図 3-12 利き手群, 片手実行範囲の反応時間.....	36
図 3-13 非利き手群, 片手実行範囲の反応時間.....	36
図 3-14 各座標系における制御モデル.....	40
図 3-15 片側実行範囲の反応時間と各条件で実行する手.....	41
図 3-16 利き手範囲を利き手が実行する条件の比較.....	42
表 1-1 保科・森田(2017)の実験結果.....	5
表 2-1 実験の流れの例.....	12
表 2-2 保科・森田(2017)と実験1の結果.....	23
表 3-1 利き手群, 右利きの参加者の実験の例.....	27
表 3-2 課題系列の例.....	28
表 3-3 第1学習ブロックの多重比較結果.....	32
表 3-4 第2学習ブロックの多重比較結果.....	34
表 3-5 利き手群, 片側実行範囲のブロックの多重比較結果.....	37
表 3-6 非利き手群, 片側実行範囲のブロックの多重比較結果.....	37
表 3-7 第1学習における結果のまとめ.....	38

第1章 序論

1.1 手続き学習とタッチパネル操作の関係

近年、技術の発展に伴い、タッチパネルを用いた電子機器は私たちの生活に欠かせないものとなった。スマートフォンやタブレットなど個人が所有するものから、自動販売機や駅の券売機、ATMなどの公共設備にもタッチパネルを用いた機器が急速に普及している。このような電子機器は、利用者が素早く使い方を覚えられる操作設計であることが求められる。また、利用者は実際に目的の操作をしながらその操作方法を覚えることが望ましい。

このような電子機器の操作では、初期には画面の表示を見て必要なボタンを確認し操作を行う。しかし徐々に慣れてくると押すべきボタンを覚え、時々違うボタンを押してしまうような失敗をしながらもボタンを確認することは少なくなり、最終的にはほぼ意識せずに間違えることなく操作ができるようになる。これは操作に必要なボタン押しを一連の手続きとして学習したためである。例えば文字入力の場合においてよく使う単語やパスワードなどの文字列を入力する場合にキーボードを確認せず無意識に手が動いていることはないだろうか。操作者はその操作を学習しようとしたわけではなく、何度も操作をするうちに無意識に操作の手続きを学習し、間違えず素早く操作できるようになったのである。

このように電子機器操作の習得を手続き学習としてとらえたとき、より速く効率的に手続きを学習することができれば、操作を速く覚え、機器を素早く使いこなすことに繋がると考えられる。タッチパネルを用いた操作の手続き学習について、学習の効率に影響する要因を検討することで、より操作を覚えやすいシステムデザインの設計や、操作者がより早く操作を覚える方法を見出すことが期待できる。

本研究では、まず操作する対象の要因として、間違えたときにどこからやり直すかということに対し、最初からやり直す方法と、間違えた箇所からやり直す方法を検討した。例えばATMを操作する際、操作ミスをしたときに最初の操作からやり直しが必要になる場合は前者の方法にあたる。一方でネットショッピングなどの操作で、何らかの入力エラーが示され情報の修正を求められたとき、その段階の修正を行い、修正後は次の段階に進むことができるという場合もある。これは後者の方法にあたる。このような操作方法を手続きの学習という視点で見たとき、エラーをしながら操作を繰り返す中で、どちらが効率的に操作の手続きを学習することができるかを連続ボタン押し課題を基にした実験により検討した。

次に、操作をする側の要因として、片手で操作をする方法と両手で操作をする方法を検討し、さらに両手から片手、片手から両手へと操作方法を切り替えて改めて操作を行う場合について最初の学習の効果を調べた。我々は、スマートフォンやタブレットなどのタッチパネルデバイスを高い頻度で利用するが、片手で操作をするか、両手で操作をするかは人それぞれである。片手で操作を行うことと、両手で操作を行うことでは、操作の習得の速さに違い

はあるのだろうか。また、文字入力操作などはスマートフォン、タブレット間で同じ操作方法が使用できるが、小さいスマートフォンは片手で、大きいタブレットは両手で、というように手を使い分ける場合もあるだろう。このような場合、先に片手で慣れた操作を両手で行う場合とその逆とでは、元の操作の学習効果はあるのか、そして学習する順序によって違いはあるのだろうか。

1.2 連続ボタン押し課題

タッチパネルを用いた電子機器は、主に画面に複数のボタンを表示し、その中から正しいボタンを押して操作を行う。このようなボタン押しに関する手続きの学習を検討するための実験では、Hikosaka et al.(1999)が提案した連続ボタン押し課題を基にした実験課題が使用される。これは順序の決められたボタンを試行錯誤しながら正しい順序でボタンを押し、その順序を学習していく課題である。図 1-1 は、ボタン押し課題の手続きを表す。

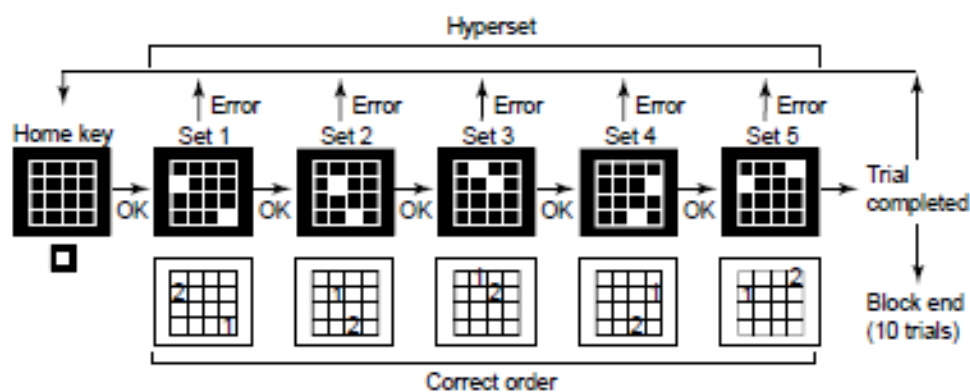


図 1-1 Hikosaka et al.(1999)の連続ボタン押し課題
(Hikosaka et al.,1999,p.468, Fig.3A)

実験では、4行4列の16個のボタンが用いられた。一番左のHome keyでは、その下に点灯したスタートボタンがあり、このボタンを押すと課題が開始する。スタートボタンを押すと、16個のボタンの中から2つのボタンが同時に点灯する。このボタンの組み合わせはセットと呼ばれ、ボタンには押す順序があらかじめ決められている。しかし、実験参加者はその順序を知らされておらず、実際にボタンを押し正しいボタン押し順序を探る必要がある。正しい順序でボタンを押すことができれば次のセットのボタンが新たに点灯する。しかし、間違った順序のボタンを押した場合は即座にHome keyに戻り、再びスタートボタンを押すところからやり直す。スタートボタンを押した後に点灯するセットのボタンの位置と押し順序は同じであるため、学習が進むにつれて正しく押せるボタンの数が増えていく。

間違えずに 5 セットを正解することができれば、1 回の正解試行となる。正解試行を達成すると再び Home key に戻り、同じ押し順序でボタンを押し、正解試行を 10 回達成することで課題が終了となった。1 セットが 2 つのボタンで、正解試行に 5 セットを押させることから、このボタン系列の構成は「2×5 課題」と呼ばれる。なお、Hikosaka et al.(1999)の研究ではサルを対象に実験を行い、タッチパネルではなくボタン装置を用いて実験を行っているが、後続の研究ではタッチパネルを用いた実験が行われている。

Hikosaka et al.(1999)では、試行を繰り返すと学習が進み、ボタンを押す速度が速くなっていくことが報告されている。その過程において、ボタン押しの手続きは、ボタンの位置の空間座標系として記憶された後、腕をどのように動かすかという身体座標系として記憶されるとした。

1.3 エラー時のやり直し箇所に関する研究

連続ボタン押し課題は、一度エラーをすると最初からボタン押しをやり直させる方法をとる。この方法と、エラーした段階からボタン押しをやり直させる方法の学習効率を比較した研究に、田中・渡邊(2015)や保科・森田(2017)がある。保科・森田(2017)の実験方法を紹介する。この研究ではタッチパネルにボタンを表示し、連続ボタン押し課題の流れを取るものを All-back 学習法、新しい課題を Zero-back 学習法と呼んでいる。また、学習するボタン系列は 2×9 課題、3×6 課題の 2 つのボタン構成を用いて、それぞれに対し 2 つの学習方法を比較している。図 1-2 は 3×6 課題を用いた場合の All-back 学習法、図 1-3 は Zero-back 学習法の手続きを表している。

All-back 学習法、Zero-back 学習法共に、開始画面でスタートボタンをタッチすることで試行がスタートし、セットのボタンを正しい順序で押すと直ちに新しいセットが表示される。また、エラーした際はすべてのボタンがビープ音とともに消灯することで、順序が間違っていることが伝えられた。このエラーを伝える画面を警告画面と呼ぶ。ビープ音と警告画面の後、All-back 学習法では先述の連続ボタン押し課題と同じように、開始画面に戻りセット 1 からボタン押しをやり直す。一方、Zero-back 学習法では、直前に間違えたボタンのセットを再び表示し、そのセットの 1 つ目のボタンから押しなおしを行う。セットを正解した後は続くセットが表示され、最後のセットまでボタン押しを続ける。

どちらの学習方法も、セット 1 から最後のセット (2×9 課題ではセット 9、3×6 課題ではセット 6) まで一度もエラーをせず正しい順序でボタンを押し切ることができれば正解試行となり、正解試行を 30 回達成することで、ボタン系列の学習が完了したと判断した。

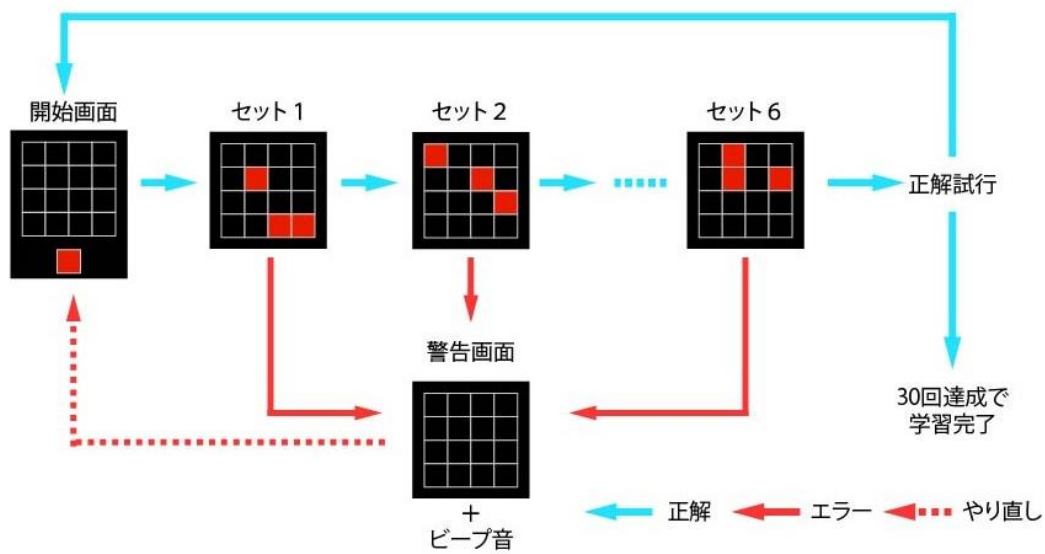


図 1-2 All-back 学習法

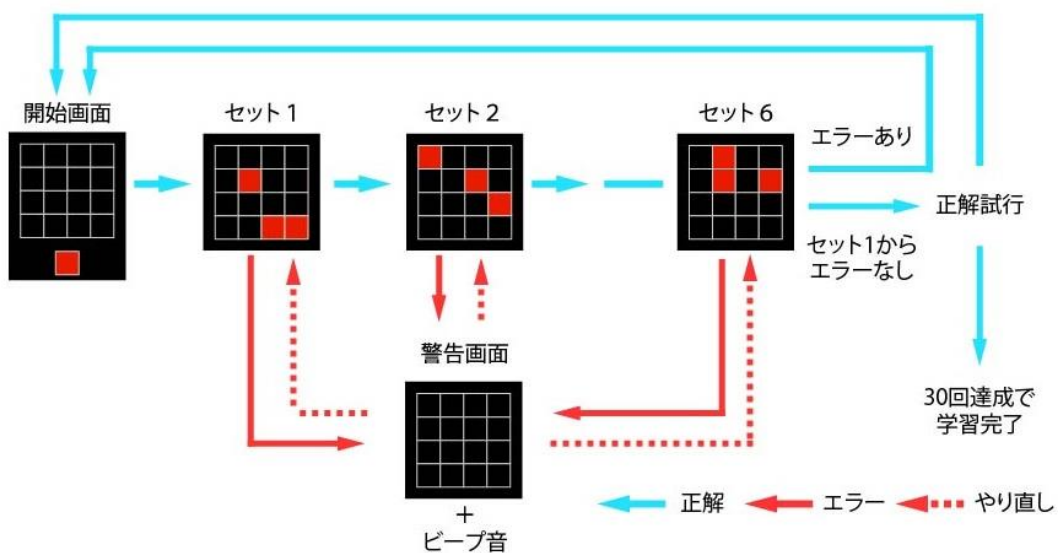


図 1-3 Zero-back 学習法

この実験の結果、 2×9 課題では課題を達成するまでのエラー数の少なさ、作業時間の短さ、ボタン押し回数の少なさの全ての項目において、エラー個所からやり直す Zero-back 学習法よりも最初からやり直す All-back 学習法が効率的であることが分かった。しかし、 3×6 課題においては、エラー数の少なさは All-back 学習法が効率的であるものの、作業時間とボタン押し回数では Zero-back 学習法との差がないという結果が出ており、学習するボタン系列のボタン構成によって、学習方法の効率が変化することが示された。これらの結果を表 1-1 にまとめる。

表 1-1 保科・森田(2017)の実験結果

	2×9 課題		3×6 課題	
	All-back	Zero-back	All-back	Zero-back
エラー数	少	多	少	多
ボタン押し回数	少	多	差なし	
作業時間	短	長	差なし	

また、この保科・森田(2017)の結果は、田中・渡邊(2015)と作業時間の傾向が異なっていた。田中・渡邊(2015)では、3×6 課題のみで All-back 学習法、Zero-back 学習法を比較しているが、All-back 学習法の方が作業時間が短いという結果が報告されている。この違いが出た原因として、実験で使用した警告画面などの仕様の違いや、学習させるボタン系列の難易度などが考えられる。警告画面については、保科・森田(2017)では全てのボタンが消灯する画面が使用され、田中・渡邊(2015)では逆に全てのボタンが点灯する画面が使用された。このような学習と直接の関係がない要素が結果に影響することは今後避けるべきであり、実際にこの要素の影響があったかどうかについては検証する必要がある。

1.4 片手、両手を使用する違いに関する研究

私たちが体を動かす際、右手だけ、左手だけを動かすこともあれば、二つの手を強調させて 1 つの行為を行うこともある。このような片手での行為、両手での行為が脳でどのように制御されるのか、またどのように学習されるのかといった研究が行われている。例えば、Nozaki et al.(2006)の研究では、ロボットアームによって与えられる力場で腕のリーチング動作を学習する実験を行った。参加者は左手だけに力場を与えられ、左手だけでリーチングを行う片手条件もしくは、力場を与えられていない右手も同時に動かす両手条件でリーチング動作を行い(図 1-4)、左手に与えられた力場に対応し通常に近い軌道でリーチングができるよう繰り返し練習を行う。このようにして力場に対応する腕の運動を十分学習した後、片手条件で学習した場合は両手条件、両手条件で学習した場合は片手条件というように条件を変えて同じようにリーチング動作を行う。

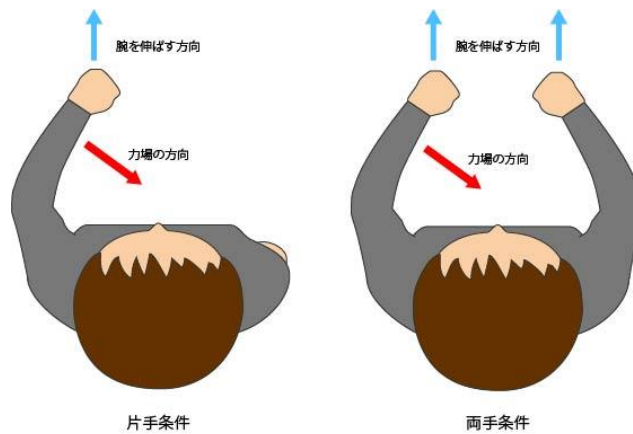


図 1-4 Nozaki et al.(2006)の実験条件

実験の結果、両手から片手、片手から両手と手を切り替えたあと、先の運動学習の効果が完全ではないものの一部転移するという結果が得られた。この結果から Nozaki らは、両腕での運動は単に片手ずつの運動を足し合わせたものではなく制御過程の異なる運動であり、それらの運動学習に関わる脳神経ネットワークにおいて、片手学習と両手学習によって活発化する部位が一部重なっているために運動効果が一部転移できると述べている(図 1-5)。逆に言えば、同じ腕の運動であってももう一方の腕の運動が入るかどうかによって異なる部位が関与しているということである。

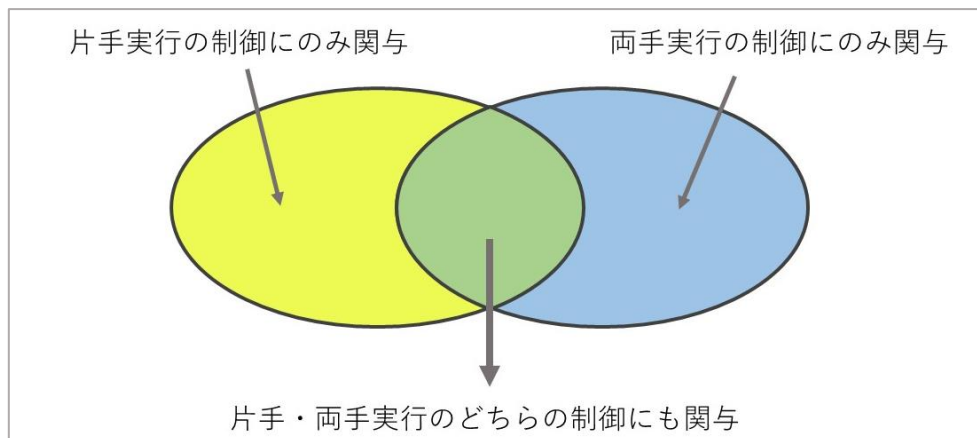


図 1-5 Nozaki et al.(2006)で提案された片手・両手の制御モデル

このように脳神経科学や運動学習の観点から、ある動作を片手、両手で行った場合の脳の働きの違いや学習効果の転移を実験した研究は行われているが、本研究のようなボタン操作の手続き学習の視点から研究した例は見られない。そこで本研究では図 1-6 のように、タッチパネルにおけるある操作を全て片手で行うのか、その操作の一部を左手、もう一部を右手というように分けて両手で行うのかという条件を設けて実験を行った。

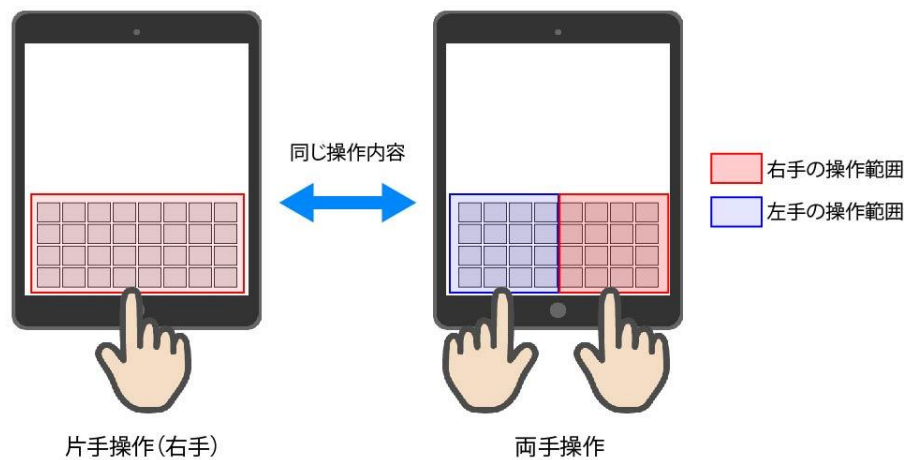


図 1-6 本研究で設ける操作条件イメージ

1.5 本研究の目的

本研究の目的は、タッチパネルを用いたボタン操作の習得を手続き学習としてとらえ、エラー時にやり直しをさせる箇所という要因と、学習を片手で実行するか両手で実行するかという要因が手続きの学習に与える影響を検討することである。

保科・森田(2017)では、エラー時に最初からやり直す **All-back** 学習法とエラー箇所からやり直す **Zero-back** 学習法を、学習するボタン系列のボタン構成について 2×9 課題、 3×6 課題を用いて比較し、ボタン構成ごとに 2 つの方法の学習効率の比較結果が異なることがわかっている。そこで、本研究では実験 1 において、1 セットのボタン数をさらに増やした 4×5 課題を用いて 2 つの学習方法を比較し、その結果を保科・森田(2017)の 2×9 課題、 3×6 課題の結果とあわせてボタン構成による学習効率の傾向を考察する。保科・森田(2017)から、作業時間、ボタン押し回数の項目において、 2×9 課題では **All-back** 学習法の方が効率的であった一方で 3×6 課題において 2 つの方法の差がなかったことから、さらに 1 セットのボタン数を増やしたボタン構成を用いた場合において **Zero-back** 学習法がより効率的となる可能性が考えられる。よって 4×5 課題を用いることで、ボタン押し回数、作業時間の項目について **Zero-back** 学習法が効率的であるという結果が得られると予想する。

片手・両手での学習について、Nozaki et al.(2006)から、運動学習において両手から片手、片手から両手の切り替えでどちらも学習効果の一部転移が起きることが確認されている。本研究では実験 2 において、手続き学習における片手・両手での学習と、同様の操作を手を切り替えて行った場合の学習について調べた。実験 2 では、タッチパネル上の複数ボタンの操作について、全て片手のみで操作し学習する片手操作と、半分のボタンは右手、もう半分は左手というように両手で操作し学習する両手操作により学習させた。これを第 1 学習

とする。その後、第 2 学習として、第一学習が片手操作の場合は両手操作、両手操作の場合は片手操作というように、全く同じ操作を条件を変えて学習する。結果について、主にボタンを押す反応時間を比較することで、第 1 学習、第 2 学習の手続きの学習に違いがあるかを検証する。運動学習における Nozaki et al.(2006)の結果と同様に、手続き学習において同じ操作を片手、両手で行う場合も先の学習は転移すると考えられる。よって、条件を変えた後の実行は、初めて学習する場合に比べて素早く行うことができると予想する。

第2章 実験 1

2.1 目的

実験 1 では、タッチパネルの操作のボタン押し順序学習において、保科・森田(2017)が用いたボタン構成よりセットのボタン数を増やしたボタン構成を用いた場合の学習のやり直し箇所の違いによる学習効率を調べることを目的とする。また、実験中のエラーを示す警告画面の違いが実験結果に与える影響を同時に検討する。

実験では、4×5 課題に対し All-back 学習法と Zero-back 学習法の 2 つの学習方法と、エラー時に全てのボタンが点灯する全点灯画面、逆に全てのボタンが消灯する全消灯画面の 2 つの警告画面を組み合わせた 4 条件でボタン系列を学習する。各条件で学習が完了するまでに起きるエラー数、学習を完了するためにボタンを押す回数、作業時間の結果から学習方法の効率性を比較する。

保科・森田(2017)においては、2×9 課題、3×6 課題を用いて 2 つの学習方法を比較し、ボタン押し回数と作業時間に関して 2×9 課題ではどちらも All-back 学習法の成績が良いものの、3×6 課題では学習方法による差が見られなかった。このように、ボタン構成、つまり 1 セットのボタン数が増えることで、2 つの学習方法の学習効率を比較した結果は変化する。よって、3×6 課題よりさらに 1 セットのボタン数が多い 4×5 課題を用いることで、先の 2 つのボタン構成を用いた結果からさらに異なる結果が得られると考える。特に 2×9 課題、3×6 課題とボタン数を増やしたことで学習方法における差が見られなくなったボタン押し回数、作業時間の項目においては、本実験では Zero-back 学習法の効率が良いという結果が出ると予想する。

また、3×6 課題を用いた田中・渡邊 (2015) の結果と同じ課題を用いた保科・森田(2017)の結果について、作業時間などの項目に異なる傾向が見られたことに、警告画面の違いが影響した可能性がある。田中・渡邊 (2015) は全てのボタンが点灯する全点灯画面を用いており、保科・森田(2017)は全て消灯する全消灯画面を使用している。全点灯画面は、実験において押す候補のボタンを示すための点灯と同じように全てのボタンが点灯し、全消灯画面に比べより刺激が強い可能性が考えられる。そこで 4×5 課題においてこれら 2 種類の警告画面の条件を設け、作業時間を比較する。この影響がある場合、全点灯画面を用いた方が Zero-back 学習法の作業時間が長い、という結果が得られるはずである。

2.2 実験方法

2.2.1 実験参加者

実験参加者は 30 名（うち男性 11 名、女性 19 名、平均年齢 21.9 歳）であった。そのう

ち自己申告において右利きが 27 名，左利きが 3 名であった。

2.2.2 実験環境

実験では，パーソナルコンピュータ(DELL 社製 OPTIPLEX 9020)とタッチパネルカラー液晶モニター(EIZO 社製 FlexScan T2381W 23 インチ 解像度 1920×1080)を使用した。実験は暗室で行い，実験参加者が椅子に座り，タッチパネルに向かった状態で行った。椅子の高さはタッチパネルをタッチしやすい高さになるよう，参加者自身が調整した。図 2-1 は，暗室内の実験装置を写したものである。



図 2-1 実験環境

2.2.3 刺激

タッチパネルモニターの中央に 135 ピクセル×135 ピクセルの正方形のボタンを 4 行 4 列に 16 個配置した。ボタンは幅 10 ピクセルの白色(RGB[150 150 150])の枠で囲われている。背景と点灯していない状態のボタンは黒色(RGB[0 0 0])である。各試行の開始時には，16 個のボタンの 60 ピクセル下に赤色(RGB[255 0 0])のボタンが配置した。この状態の画面を開始画面とする。このボタンをスタートボタンと呼び，スタートボタンを押すと課題が開始し，瞬時にスタートボタンは消え，16 個のボタンの中から 4 個のボタンが点灯する。点灯したボタンを正しい順序で押すと，瞬時に次の 4 個のボタンが点灯する(セット例:図 2-2)。

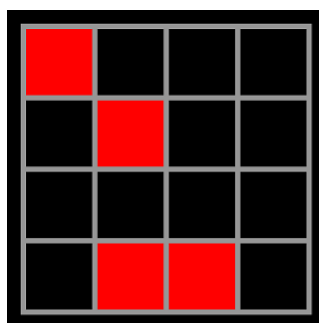


図 2-2 4×5 課題のセット例

2.2.4 手続き

実験には4×5課題を使用し、保科・森田(2017)と同じAll-back学習法、Zero-back学習法の2つの学習方法と、エラー時に全てのボタンが赤く点灯する全点灯画面、全て消灯する全消灯画面の警告画面を組み合わせた4条件で実験を行った。実験参加者は実験前に条件の説明を受け、全てのボタンを利き手の人差し指でできるだけ素早く押すよう指示された。

実験が始まると、4行4列の16個の消灯状態のボタンと、その下に赤く点灯したスタートボタンが配置された開始画面が表示される。実験参加者がスタートボタンをタッチすることで課題が開始し、スタートボタンは消え、16個のボタンから4個が同時に点灯する。これをセットと呼ぶ。これらの点灯したボタンには順序が決められているが、参加者にはその順序は教示されず、試行錯誤により正しいボタン押し順序を見つける必要がある。点灯したボタンを正しい順序で押すことができれば瞬時に次のセットのボタンが点灯する。

押すボタンの順序を間違えるか、点灯していないボタンを押すとエラーとなり、全点灯画面条件では全てのボタンが赤く点灯した画面(図 2-3 左)を、全消灯条件では全てのボタンが消灯する画面(図 2-3 右)を表示し、同時にブザー音が鳴る。

その後、All-back学習法の場合は開始画面に戻り、セット1からやり直しとなる。20個のボタン(4ボタン×5セット)を間違えることなく押すことができれば正解試行となり、画面にOKと表示される。この正解試行を30回達成すると課題終了となり、画面に「Game Clear」と表示される。

一方、Zero-back学習法では、間違えたセットが再び表示され、そのセットの最初からボタン押しをやり直す。その後、最後のセットまで正しい順序で押し終わると画面に「Return」と表示され、開始画面に戻り、セット1から同じボタン押しを繰り返す。20個のボタンを一度も間違えず押すことができれば正解試行となり、画面に「OK」と表示される。この正解試行を30回達成すると課題終了となり、画面に「Game Clear」と表示される。

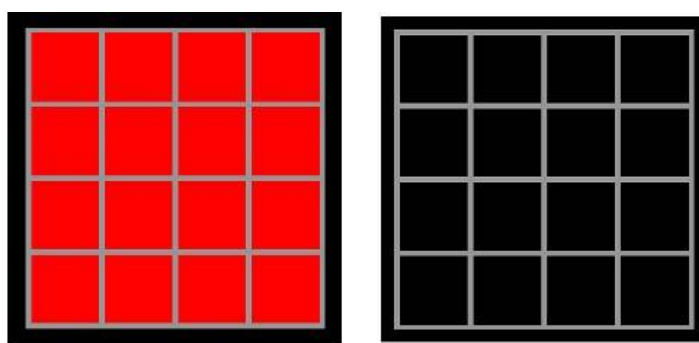


図 2-3 警告画面 (左:全点灯画面, 右:全消灯画面)

2.2.5 実験デザイン

本実験では、All-back 学習法—全点灯画面、All-back 学習法—全消灯画面、Zero-back 学習法—全点灯画面、Zero-back 学習法—全消灯画面の 4 条件について、1 つずつボタン系列を学習させた。前半の 2 ブロックに学習方法が同じ条件、後半の 2 ブロックにもう一方の学習方法の条件を行い、前半・後半の 2 ブロックは警告画面の条件の順序を統一した。表 2-1 に実験条件に関する流れの例を示す。

前半・後半の本番ブロックを行う前に対応する学習方法の練習を行った。これを練習ブロックとする。練習ブロックは、本番と同様の条件で正解試行を 5 回達成することで終了となる。練習では本番と異なる系列を用いた。学習方法、警告画面の実験順序は参加者ごとにカウンターバランスをとった。

表 2-1 実験の流れの例

学習方法	警告画面	内容
All-back 学習法	全点灯画面	練習ブロック
		本番ブロック①
	全消灯画面	休憩
		本番ブロック②
Zero-back 学習法	全点灯画面	練習ブロック
		本番ブロック③
	全消灯画面	休憩
		本番ブロック④

2.2.6 ボタン系列

実験で使用するボタン系列は、練習に必要な系列を含めコンピュータを用いてランダムに作成した。作成する際の制約として、1 人の参加者が学習する系列では同じボタン配置となるセットは存在せず、各系列内の連続するセットでは前のセットで点灯していないボタンが次のセットで点灯するものとし、同じボタンが連続して点灯することはないようにした。

2.3 結果

実験参加者 30 名は全員 4 条件について最後まで学習を達成し、途中で中断した参加者はいなかった。しかし、本番ブロックのエラー数が参加者全員のエラー数の平均+標準偏差の 3 倍を超えていた 1 名は、標準的なデータから逸脱していると判断し分析から除いた。

課題の実行過程は、第一正解試行を達成するまでのボタン押し順序を試行錯誤により見

つけ出す段階と、それ以降のを見つけ出したボタン押し順序に従ってボタン押しを繰り返し練習する段階とに分類することができる。以降の分析では、前者を試行錯誤段階、後者を繰り返し学習段階とし、課題全体とそれぞれの段階に分けて分析を行った。

2.3.1 エラー数

エラーとは、点灯したボタンの順序を間違えて押した場合と、点灯していないボタンを押した場合を指す。エラー数は All-back 学習法においてはホームに戻ってやり直した回数と同等であり、Zero-back 学習法では最後のセットまで押す間に間違えたボタンを押した回数の累計となる。エラー数は学習の難易度を測ることができ、エラーが少ないほど容易に学習ができていると言える。

図 2-4 は、縦軸にエラー数を取り、4 条件について課題全体で起きたエラー数の内訳を表す。青が試行錯誤段階、緑は繰り返し学習段階を表す。課題全体（試行錯誤段階+繰り返し学習段階）で起きたエラー数について、学習方法（2 水準）と警告画面（2 水準）の 2 要因の繰り返しのある分散分析をかけたところ、学習方法の主効果が見られたものの ($F(1,28) = 25.79, p < .001$)、警告画面の主効果は見られず ($F(1,28) = 0.19, n.s.$)、交互作用も有意ではなかった ($F(1,28) = 1.72, n.s.$)。

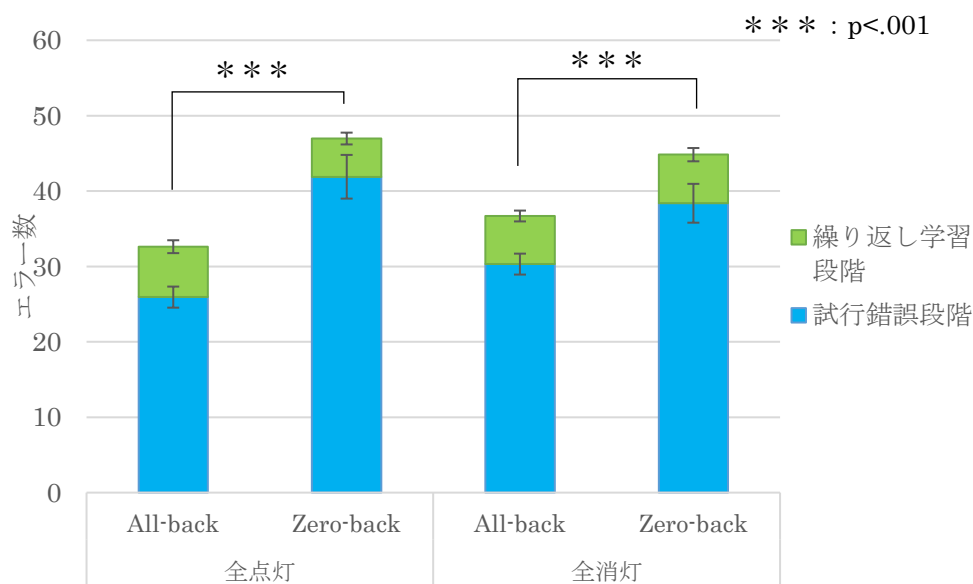


図 2-4 エラー数の内訳

A) 試行錯誤段階

各条件の試行錯誤段階におけるエラー数を図 2-5 に示す。図からは Zero-back 学習法が多くエラーをしている傾向見られる。学習方法（2 水準）と警告画面（2 水準）の 2 要因の繰り返しのある分散分析をかけたところ、学習方法の主効果は見られたものの ($F(1,28) = 45.35, p < .001$) 警告画面の主効果は有意ではなかった ($F(1,28) = 0.04, n.s.$)。

しかし交互作用が有意傾向であったため下位検定を行った ($F(1,28)=3.19, p=.085$)。その結果, 両方の警告画面において All-back 学習法のエラー数が少なかった (共に $p<.01$)。また, All-back 学習法において全点灯画面のエラー数が少なかった ($p<.05$)。

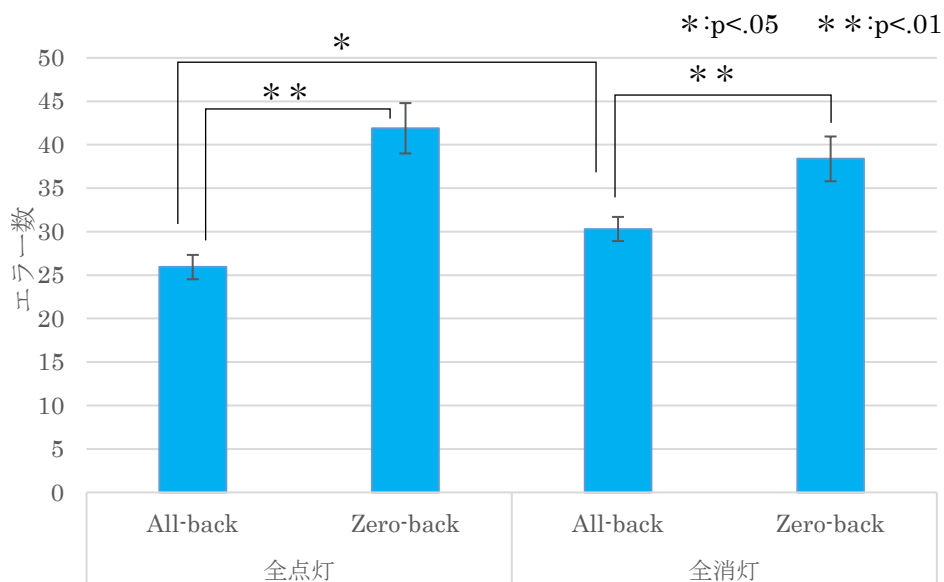


図 2-5 試行錯誤段階のエラー数

B) 繰り返し学習段階

各条件の繰り返し学習段階のエラー数を図 2-6 に示す。縦軸はエラー数をとる。学習方法 (2 水準) と警告画面 (2 水準) の 2 要因の繰り返しのある分散分析をかけたところ, 学習方法, 警告画面の主効果は見られず, 交互作用も有意ではなかった ($F(1,28)=1.12, n.s.$; $F(1,28)=0.98, n.s.$; $F(1, 28)=1.29, n.s.$)。

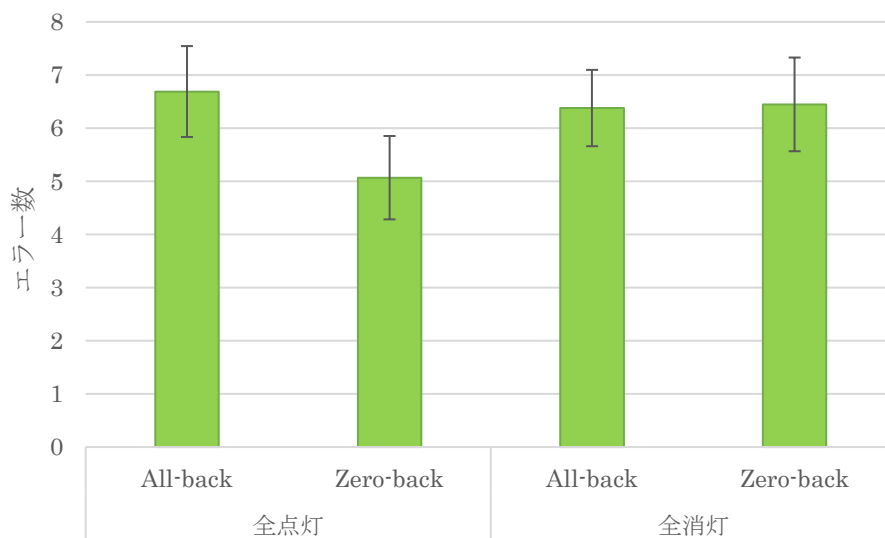


図 2-6 繰り返し学習段階のエラー数

2.3.2 ボタン押し回数

ボタン押し回数は、課題遂行中の間違っボタン押しを含むボタンを押した回数の累計である。ボタン押し回数は学習のためにボタンをどれだけ押す必要があったかということであり、ボタン押し回数が少ないほど無駄な動作が少なく身体的な負担が小さいと言える。

図 2-7 は縦軸にボタン押し回数をとり、4 条件について課題全体のボタン押し回数の内訳を表す。課題全体のボタン押し回数に学習方法（2 水準）と警告画面（2 水準）の 2 要因の繰り返しのある分散分析をかけたところ、学習方法の主効果が見られたが($F(1,28)=16.31$, $p<.001$)、警告画面の主効果は見られず、交互作用も有意ではなかった($F(1,28)=0.76$, $n.s.$; $F(1,28)=0.52$, $n.s.$)。

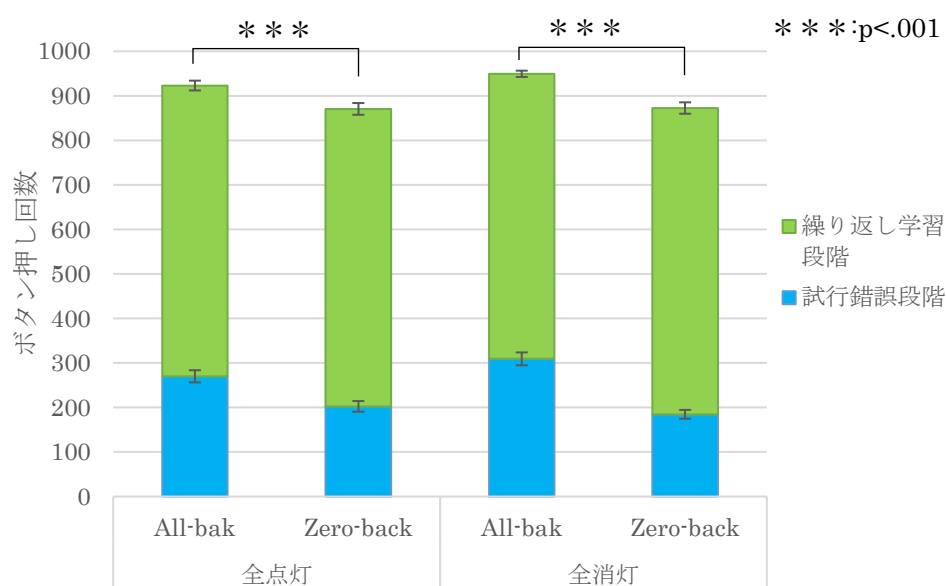


図 2-7 ボタン押し回数の内訳

A) 試行錯誤段階

各条件の試行錯誤段階におけるボタン押し回数を図 2-8 に示す。学習方法（2 水準）と警告画面（2 水準）の 2 要因の繰り返しのある分散分析をかけたところ、学習方法の主効果は見られたが ($F(1,28)=87.11$, $p<.001$)、警告画面の主効果は見られなかった ($F(1,28)=0.90$, $n.s.$)。しかし交互作用が有意傾向であったため下位検定を行った ($F(1,28)=4.04$, $p=.054$)。その結果、両方の警告画面において Zero-back 学習法のボタン押し回数が少なかった (共に $p<.001$)。また、All-back 学習法において全点灯画面のボタン押し回数が少ない傾向があった ($p=.068$)。

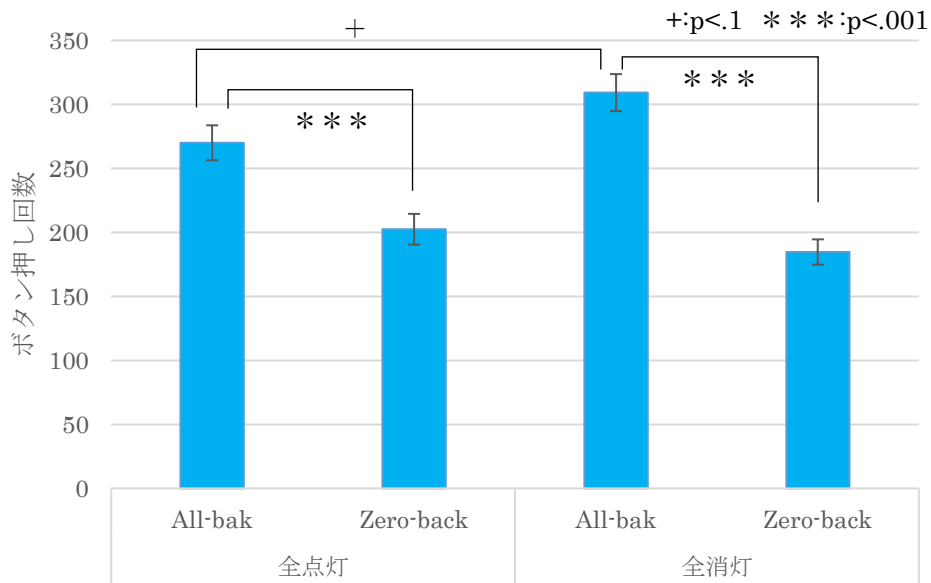


図 2-8 試行錯誤段階のボタン押し回数

B) 繰り返し学習段階

各条件の繰り返し学習段階におけるボタン押し回数を図 2-9 に示す。学習方法 (2 水準) と警告画面 (2 水準) の 2 要因の繰り返しのある分散分析をかけたところ、学習方法の主効果が有意であったが ($F(1,28)=8.34, p<.01$) 警告画面の主効果は見られなかった ($F(1,28)=0.70, n.s.$)。しかし交互作用が有意傾向となったため ($F(1, 28)=3.33, p=.079$) 下位検定を行ったところ、全消灯画面において All-back 学習法でのボタン押しが少なかった ($p<.01$)。

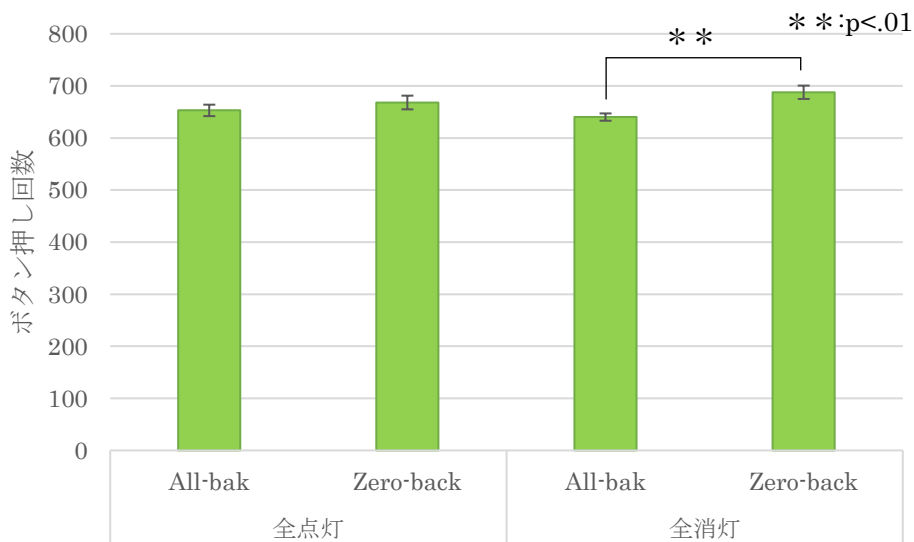


図 2-9 繰り返し学習段階のボタン押し回数

2.3.3 作業時間

作業時間とは、課題を遂行中の開始画面と警告画面の表示時間などを除いた、セットが表示されてからボタンを押すまでの時間、ボタンを押してから同じセットの次のボタンを押すまでの時間を累積したものである。作業時間は学習を行う際の時間的な負担に関係する。

図 2-10 は縦軸に作業時間を取り、4 条件について課題全体の作業時間の内訳を表す。学習方法 (2 水準) と警告画面 (2 水準) の 2 要因の繰り返しのある分散分析をかけたところ、学習方法、警告画面の主効果は共に見られず、交互作用も有意ではなかった ($F(1,28)=2.68, n.s.$; $F(1,28)=0.08, n.s.$; $F(1,28) = 0.89, n.s.$).

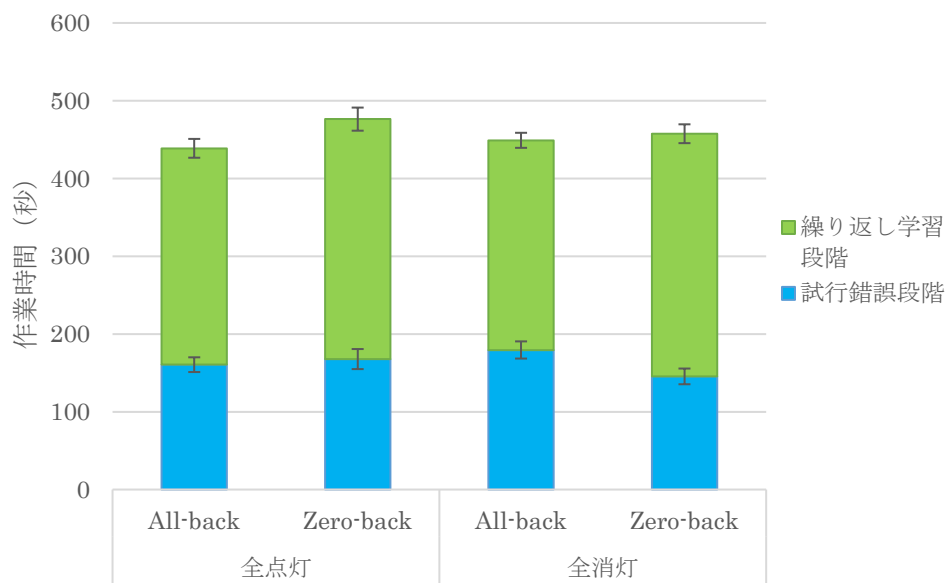


図 2-10 作業時間の内訳

A) 試行錯誤段階

各条件の試行錯誤段階における作業時間を図 2-11 に示す。学習方法 (2 水準) と警告画面 (2 水準) の 2 要因の繰り返しのある分散分析をかけたところ、学習方法の主効果が有意傾向となった ($F(1,28)=2.96, p=.096$)。また、警告画面の主効果は見られなかったが、交互作用が有意傾向となった ($F(1,28)=0.03, n.s., F(1,28)=3.76, p=.062$)。下位検定の結果、全消灯画面において、Zero-back 学習法はより短い時間で段階を達成していた ($p<0.05$)。

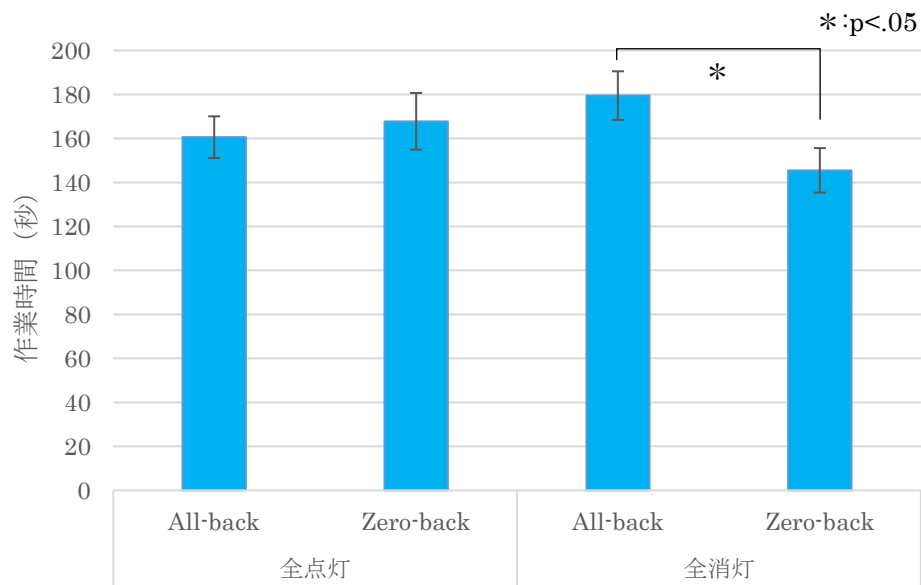


図 2-11 試行錯誤段階の作業時間

B) 繰り返し学習段階

各条件の繰り返し学習段階における作業時間を図に示す。学習方法（2水準）と警告画面（2水準）の2要因の繰り返しのある分散分析の結果、学習方法の主効果が見られた ($F(1,28)=11.71, p<.01$)。警告画面の主効果と交互作用は有意ではなかった ($F(1,28)=0.07, n.s.$; $F(1,28)=0.41, n.s.$)。

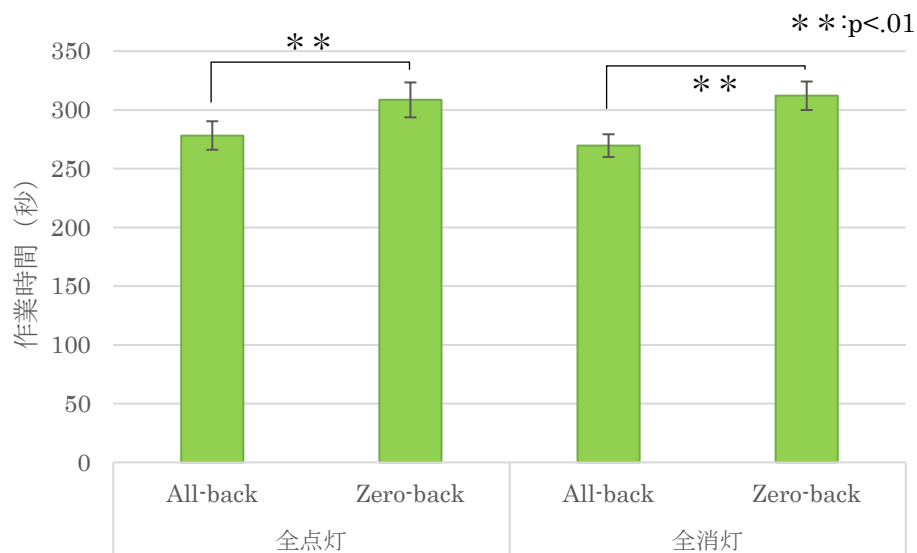


図 2-12 繰り返し学習段階の作業時間

2.4 考察

2.4.1 学習の難易度

学習中に多くエラーをしているほど、ボタン押し順序学習の難易度が高いことになる。本実験の結果は、課題全体についてはどちらの警告画面においても **Zero-back** 学習法に比べ **All-back** 学習法が少なかった。また、エラーの大部分は試行錯誤段階で起きており、その段階で **All-back** 学習法の方が少なかった。試行錯誤段階とは第一正解試行を達成するまでを指し、正しいボタン押し順序を獲得するための段階である。この段階のエラーが少ないということは、**All-back** 学習法は正しい順序をより容易に獲得できていると言える。

第一正解試行を達成して以降の繰り返し学習段階では学習方法による有意差はなく、試行錯誤段階に比べエラー数が少なかった。これは試行錯誤段階で何度も間違えボタン押しの実行をやり直すことで、第一正解試行を達成するまでにある程度ボタン押し順序の学習ができており、以降はほとんど間違えずに実行することができたと考えられる。

2.4.2 ボタン押し回数

ボタン押し回数は、学習のために実際に手を動かす程度を表す指標であり、これが少ないほど無駄な動きが少なく学習ができていると言える。本実験では、どちらの警告画面においても、課題全体では **All-back** 学習法に比べ **Zero-back** 学習法の方がボタン押し回数は少ないという結果が得られた。また、試行錯誤段階から **Zero-back** 学習法が少なくなっており、先に述べたエラー数の結果と逆の傾向となっていた。つまり、特に試行錯誤段階においては、**Zero-back** 学習法は多くのエラーをするもののボタン押し回数は少なく、無駄なボタン押しが少なく済んでいるということである。

繰り返し学習段階では、全消灯画面において **All-back** 学習法のほうがボタン押し回数が少ないという結果が得られた。繰り返し学習段階においては、エラー数には差がなかったことから、この段階はエラー数とボタン押し回数の関係が逆転していた試行錯誤段階とは異なる関係となった。各段階でエラーに対しどのようにボタン押し回数が増減するのかについては、後に先行研究の結果と本研究の結果を比較し考察する。

2.4.3 作業時間

作業時間は学習にかかる時間を表す。本実験では、どちらの警告画面においても課題全体では作業時間に学習方法による差は見られなかった。試行錯誤段階においては、全消灯画面において **Zero-back** 学習法の方が作業時間は短くなっている。これは、この段階でボタン押し回数に差があったことが影響していると考えられる。しかし繰り返し学習段階では、逆に **All-back** 学習法の方が短くなっており、それらを足し合わせた課題全体では結果的に差がなくなったと考えられ、学習全体にかかる時間は **All-back** 学習法、**Zero-back** 学習法によ

って差はないと言える。

2.4.4 警告画面の影響について

本実験では、保科・森田(2017)と田中・渡邊(2015)の作業時間の結果が異なった原因として、実験中の警告画面が学習に影響した可能性を検討するため、全てのボタンが点灯する全点灯画面を使用する条件と全てのボタンが消灯する全消灯画面を使用する条件を設けた。

結果として、作業時間の項目については、2つの条件で課題全体の結果に有意差は見られなかった。警告画面の条件について差が出た箇所は、エラー数、ボタン押し回数の試行錯誤段階のみであり、All-back 学習法において全点灯画面の方がどちらも少なかった。エラー数が多いほどやり直しを行うことでボタン押し回数が増えるため、ボタン押し回数における差はエラー数の差が原因で生まれたものと考えられる。All-back 学習法において全点灯画面の方がエラー数が少ない理由としては、全点灯画面を使用することでよりエラーに対するストレスを与えたことが考えられる。試行錯誤段階の作業時間に関しては、All-back 学習法で警告画面による差は出ていないが、エラー数とボタン押し回数では全点灯画面の方が少なかった。このことから、全点灯画面はボタン押し回数が少ないのに対し、ボタンを押すのに時間がかかっている可能性がある。All-back 学習法は警告画面が表示されれば最初からやり直すという意識があり、より刺激の強い全点灯画面を用いることで参加者がエラーに対しストレスを感じ、慎重に実行するようになったと考えられる。これに関して Zero-back 学習法はエラーが多くおきるものの、そのセットからやり直しができることで警告画面の刺激があまりストレスにならず、各項目に差がでなかったのではないだろうか。

しかし、試行錯誤段階においてこの影響があったとしても、結果として全体の作業時間には差がなかった。よって2つの先行研究の結果の違いに多少影響した可能性はあるものの、学習させるボタン系列などの他の要因も関わっていた可能性が高いと考えられる。

2.4.5 先行研究の結果との比較

保科・森田(2017)の2×9課題、3×6課題を用いた結果を引用し、実験1で得られた4×5課題における結果と比較を行い、ボタン構成ごとの学習効率について考察する。なお、保科・森田(2017)では警告画面として全消灯画面を使用していたため、本実験の全消灯画面条件の結果を用いる。

保科・森田(2017)と本実験のエラー数の結果をまとめたものを図 2-13 に示す。2×9課題、3×6課題の結果についても本実験の結果と同様の傾向であり、All-back 学習法の方が少ないエラーで学習を達成し、その差は試行錯誤段階から見られたと報告されている。これは、試行錯誤段階でセットの正しい順序を見つけた後、それぞれの学習方法でどのように繰り返し実行するかが異なることが原因と考えられる。Zero-back 学習法を用いた場合、あるセットの正解を知った後に再びそのセットに戻るためには、最後のセットまですべて正解

する必要がある。例えばセット 1 を正解した後、次にセット 1 を実行するのは、最後のセット 6 まで正解した後になる。特に試行錯誤段階ではセットの正解を見つけ出すためにそれぞれのセットを何度か実行する必要がある、再びそのセットを実行するまで時間がかかる。よってセットが再び表示されるまで正解の順序の記憶を保持しておくことが難しく、その前と同じようにエラーをしてしまうという繰り返しのエラーが多くなったと考えられる。しかし All-back 学習法では、エラーをすると最初からやり直しをするため、例えばセット 1 を正解した後にセット 2 で間違えれば再びセット 1 を実行することができ、正解したセットを比較的早いうちに再び実行できる。よって、正解順序の記憶が定着しやすく、All-back 学習法では繰り返し起きるエラーが少ないと考えられる。

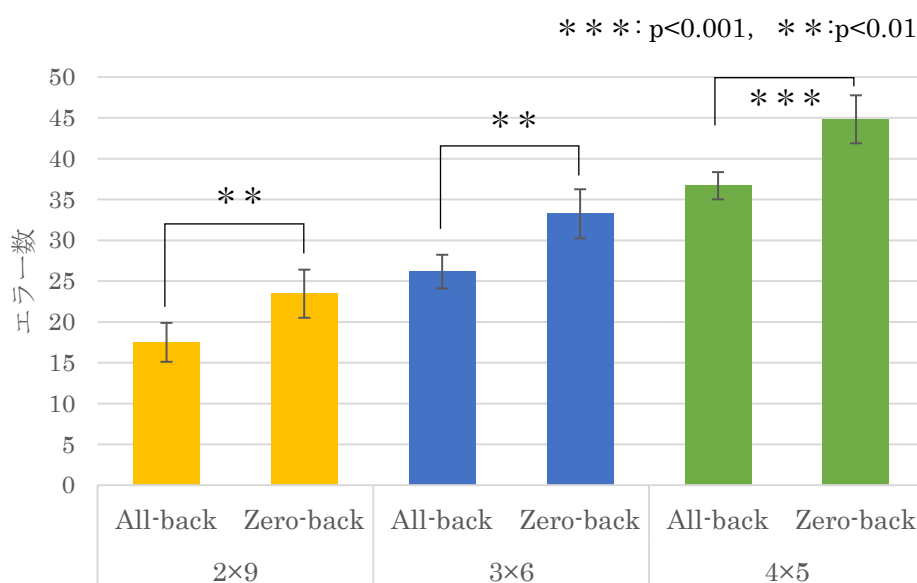


図 2-13 先行研究との結果の比較：エラー数

保科・森田(2017)と本実験のボタン押し回数の結果をまとめたものを図 2-14 に示す。先行研究の 2×9 課題では All-back 学習法の方が少なく、3×9 課題では学習方法による差がないという結果が得られていたが、本実験の 4×5 課題では Zero-back 学習法の方が少ないという結果となった。エラー数とは異なり、ボタン構成によって傾向が変わり、1 セットのボタン数が増えるにつれて学習方法ごとの比較結果が逆転した。これは学習方法のエラー後のやり直し方から説明することができる。本実験の 4×5 課題の結果では、Zero-back 学習法は試行錯誤段階でのボタン押し回数が少なかった。All-back 学習法はエラーをした場合、セット 1 の第 1 ボタンからエラーしたボタンまでボタン押しを行う必要がある。一方で、Zero-back 学習法は間違えたセットの第 1 ボタンからやり直しを行うため、1 回のエラーで最大でもエラーをしたセットの 4 ボタンの押しなおしだけで済む。よって正しい順序を探すため集中的にエラーをする試行錯誤段階であっても、ボタン押し回

数が増加しにくい。しかし、4×5 課題の繰り返し学習段階においては、All-back 学習法の方がボタン押し回数が少なくなった。これは、Zero-back 学習法はエラーをした試行は最後までボタンを押しても正解試行にはならないため、一度のエラーでも第1セットから最終セットまでのボタン押しが余計に必要となる。一方で All-back 学習法は間違えた時点で次の試行に入り、間違えたセットまでのボタン押しだけが増えるため、繰り返し学習段階では1回のエラーに対して有利となる。この各段階のエラーに対するボタン押し回数の増加の仕方から、ボタン構成ごとに異なる結果の傾向となることも説明ができる。2×9 課題は各セットの押し順序が2通りしかなく、課題が単純である。よって特に試行錯誤段階においてのエラーが他の課題に比べて少なく、試行錯誤段階で多く起きるエラーに対しボタン押し回数が増加しにくいという Zero-back 学習法の利点が発揮しきれなかったと考えられる。しかし、3×6 課題でセットのボタン数が増えることで課題の難易度が上がり、試行錯誤段階のエラー数が増えたことで Zero-back 学習法の利点が発揮され、全体として All-back 学習法とボタン押し回数が変わらなくなり、さらに難易度が上がる 4×5 課題では Zero-back 学習法が有利になったと考えられる。

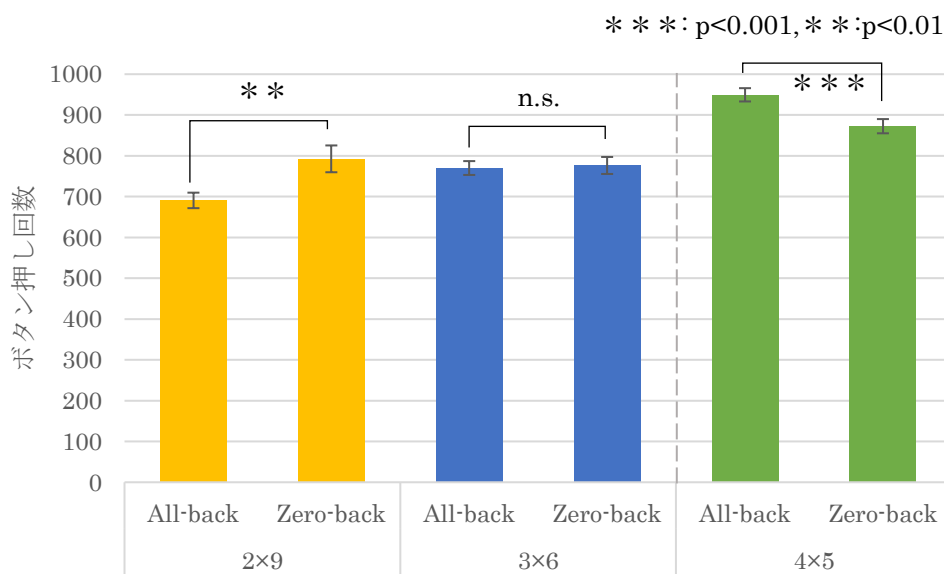


図 2-14 先行研究との結果の比較：ボタン押し回数

保科・森田(2017)と本実験のボタン押し回数の結果をまとめたものを図 2-15 に示す。先行研究では 2×9 課題は All-back 学習法の方が短いですが、3×6 課題では差がないという結果であった。本実験の 4×5 課題は 3×6 課題と同じく、学習方法による差は見られず、作業時間もボタン構成によって異なる傾向となった。作業時間は、ボタン押し回数の影響を強く受けると考えられるが、4×5 課題では Zero-back 学習法の方がボタン押し回数が少ないものの作業時間は差がないため、一回のボタン押しに対する反応時間などが影響してい

る可能性がある。ボタン構成を1セットに多くまとめていくと学習方法による差がなくなっていくことから、4×5 課題より1セットのボタン数が増えた場合、Zero-back 学習法の作業時間のほうが短くなる、という可能性も考えられる。

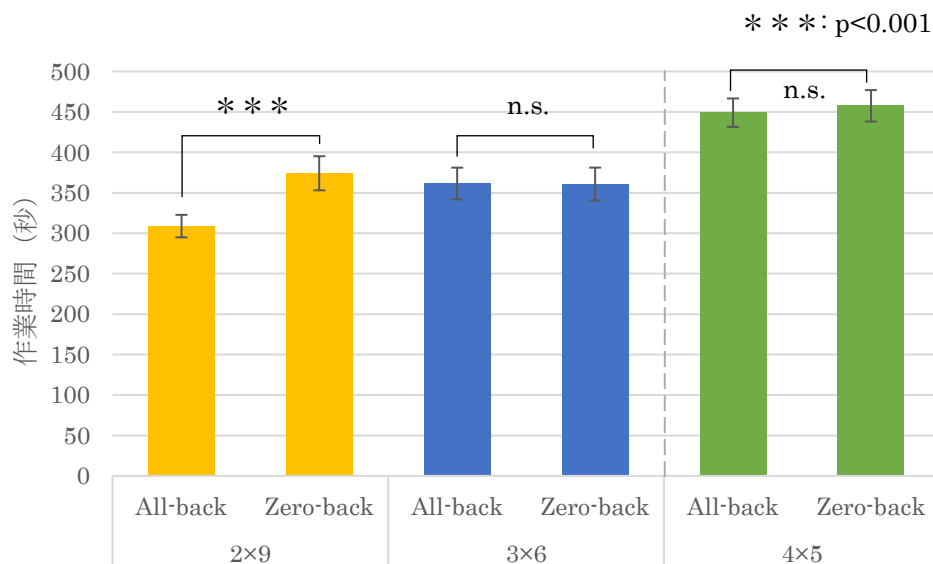


図 2-15 先行研究との結果の比較：作業時間

以上の結果をまとめたものを表 2-2 に示す。先述したように、作業時間はボタン押し回数の影響を受け、ボタン押し回数はエラー数の影響を受けると考えられる。そして、エラー数はボタン構成ごとの難易度によって起きやすさが異なる。このことから、課題の難易度が変わることによってエラー数が変わり、ボタン押し回数や作業時間の傾向に影響したと考えられる。

表 2-2 保科・森田(2017)と実験 1 の結果

	2×9 課題		3×6 課題		4×5 課題	
	All-back	Zero-back	All-back	Zero-back	All-back	Zero-back
エラー数	少	多	少	多	少	多
ボタン押し回数	少	多	差なし		多	少
作業時間	短	長	差なし		差なし	

第3章 実験 2

3.1 目的

実験 2 は、タッチパネル操作の手続きを学習する際の片手学習、両手学習の学習過程を比較すること、更にその後片手から両手、両手から片手へと操作を切り替えた後に先の学習の効果が残るかを検討することを目的とする。

実験では、ディスプレイに提示されたアルファベットと同じものを手元のタッチパネルのボタンから選択する操作を片手で行う片手条件と両手で行う両手条件について、先に第 1 学習として片手条件で学習した操作を第 2 学習として両手条件で改めて学習する片手→両手条件とその逆の両手→片手条件の 2 条件でボタン操作を学習する。片手条件については、利き手、非利き手で行う被験者群に分けて実験を行った。各条件の主に反応時間の変化から、学習の進み方と第 1, 第 2 学習における学習の転移について見る。

Nozaki et al.(2006)においては、力場を与えた左手のリーチング動作という運動学習に関して、左手のみを動かす片手条件と力場を与えられない右手も同時に動かす両手条件について、片手→両手、両手→片手と切り替えた後も学習効果が一部転移したことが報告されている。Nozaki らの実験の両手条件は片手を動かす際にもう片手を伴わせるかというものであり、本実験のような片手条件で片手で全て行っていたある操作を両手条件で右手、左手それぞれに割り振るという方法とは異なるものの、本実験においても第 2 学習に第 1 学習の効果は部分的に転移すると考えられる。

3.2 実験方法

3.2.1 実験参加者

実験参加者は 42 名（うち男性 22 名、女性 20 名、平均年齢 22.16 歳）であった。そのうち自己申告において右利きが 40 名、左利きが 2 名であった。また、22 名は片手操作を利き手で行う利き手群、他の 20 名は非利き手で行う非利き手群に割り振った。

3.2.2 実験環境

実験では、パーソナルコンピュータ(DELL 社製 OPTIPLEX 9020)とカラー液晶ディスプレイモニター (EIZO 社製 FlexScan L997 21.3 インチ 解像度 1600×1200)、タッチパネルカラー液晶モニター(EIZO 社製 FlexScan T2381W 23 インチ 解像度 1920×1080)を使用した。2 台のモニターは、ディスプレイモニターの手前にタッチパネルモニターを傾けた状態で中心を合わせて配置した。

実験は明るい室内で、実験参加者が椅子に座り、ディスプレイモニターとタッチパネルモ

ニターに向かった状態で行った。椅子の高さは、タッチパネルを操作しやすい高さになるよう参加者自身が調整した。実験者と実験参加者の間は 2 枚のパーテーションで仕切りを設けた。このパーテーションは、実験参加者がタッチパネルを操作している様子を確認できるよう少しずらして設置した。図 3-1 は、実際の実験環境を撮影したものである。

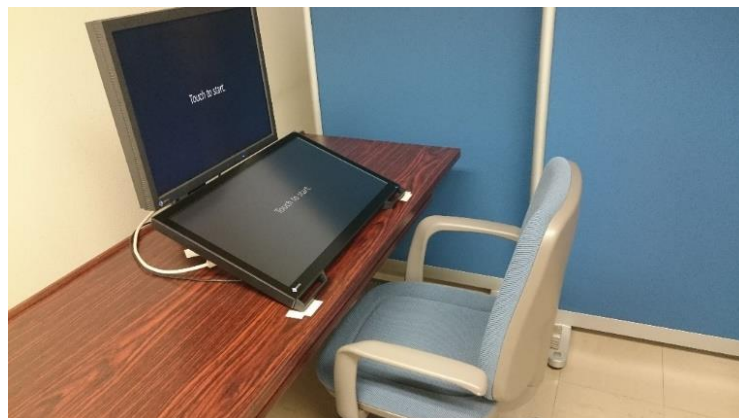


図 3-1 実験環境

3.2.3 刺激

課題表示画面は、ディスプレイモニターの上部から 100 ピクセル、中央揃えの位置にアルファベットを表示した。アルファベットは白色 (RGB[255 255 255]) である。

ボタン画面は、タッチパネルモニターの中心から 300 ピクセル下に 130×130 ピクセルの正方形のボタンを 1 行 6 列に 6 個配置し、各正方形の中心に対応するアルファベットを表示した。ボタンは幅 5 ピクセルの白色 (RGB[255 255 255]) の枠で囲われている。アルファベットは白色 (RGB[255 255 255]) で背景は黒色 (RGB[0 0 0]) である。

課題表示画面、ボタン画面の例を図 3-2 に、実際に表示した実験環境の様子を図 3-3 に示す。



図 3-2 実験の画面例 (左：課題表示画面, 右：ボタン画面)



図 3-3 実験中の画面表示例

3.2.4 手続き

実験参加者は、アルファベットのボタン配置と課題系列を学習することに対し、第1学習を両手、第2学習を片手で行う両手→片手条件と、その逆である片手→両手条件の2つの条件で実験を行った。片手での学習は利き手、もしくは非利き手の人差し指のみで6個すべてのボタンを押す。両手での学習は6個のボタンのうち左の3つは左手、右の3つは右手で押す。参加者は、実験前に両手、片手それぞれの操作方法について説明を受け、指示された手の人差し指でできるだけ素早くボタンを押すように指示された。

各ブロックは、「Touch to start」と表示された開始画面から始まる。開始画面の状態タッチパネルモニターにタッチすると、瞬時にディスプレイモニターは課題表示画面として1文字のアルファベットを、タッチパネルモニターはボタン画面として6個のボタンを表示する。参加者は、課題表示画面のアルファベットと同じアルファベットが表示されたボタンをボタン画面から選択し、タッチする。正しいボタンをタッチした場合、ディスプレイの後ろに設置したスピーカーから正解のタッチ音が鳴る。その後、ディスプレイモニターは瞬時にブランク画面をはさみ、300ミリ秒後に次の課題を表示する。このとき、ボタン画面は変化しない。間違ったボタンを押した際は、正解のタッチ音とは異なるブザー音を鳴らし、課題表示画面は引き続き同じアルファベットを表示し続けるため、参加者は正しいボタンを押しなおす。正しいボタンを押すことを1試行とし、90試行で1ブロックが終了となる。ブロックの終了時には、両方の画面に「You finished.」と書かれた終了画面が表示され、終了を知らせる音がスピーカーから鳴る。

3.2.5 実験デザイン

本実験では、参加者を片手の学習を利き手で行う利き手群と非利き手で行う非利き手群に分けた。1人の参加者は、両手→片手条件と片手→両手条件の手の学習順序という2条件に対し1つずつボタン操作を学習した。

1セッションを4ブロック(1ブロック=90試行)とし、例えば両手→片手条件では両手で1セッションを行った後、同じボタン配置を用いて片手で1セッションを行う。片手→両手条件はその逆である。

前半に一方の学習順序条件の2セッションを行った後、10分間の休憩をはさみ、後半に別のボタン配置を用いてもう一方の学習順序条件の2セッションを行った。本番のセッションを行う前には、両手・片手操作をそれぞれ練習した。これを練習セッションとする。練習セッションは、本番とは異なるボタン画面を用いて片手・両手の操作をそれぞれ12試行ずつ行った。利き手群、非利き手群の振り分けと学習順序条件の実験順序は参加者ごとにカウンターバランスをとった。表3-1に実験条件の流れの例と右利きの参加者である場合に使用する手を示す

表 3-1 利き手群、右利きの参加者の実験の例

学習順序条件	使用する手	内容
	両手	練習セッション
	右手	
両手・片手条件	両手	セッション①
	右手	セッション②
		休憩
片手・両手条件	右手	セッション③
	両手	セッション④

3.2.6 ボタンと課題系列

ボタン画面に用いる6個のアルファベットは、子音のうち瞬時に見分けにくい可能性があるものを除いた17個から、6個×2条件=12個を参加者ごとにランダムに選択し、6要素から成る2個のアルファベット系列を作成した。なお、実験初期にプログラムの不備により母音である「u」が含まれてしまった参加者が4名いた。以降の参加者に対しては含まれないよう処理したが、分析においてこの4名を除いたデータと含めたデータで統計結果が代わることはなかったため、結果にはこの4名のデータを含めたものを記載する。

課題系列は、図3-4のように各ボタンに1~6の数字を割り振り、それらの数字を用いた18個の系列を作成した。両手操作において、割り振った数字が1~3のボタンは左手、4~6のボタンは右手で操作することになる。これらの数字の位置に対応するボタンのアルファベットが課題として1文字ずつ表示される。例えばアルファベット系列が[n b t k l c]の場合

合、ボタン画面に表示されるボタンの配置はこれと同様であり、課題系列が[6 1 4 2 3 5 ...]であるとき、課題画面は「c」「n」「k」「b」「t」「l」…という順番で表示される。

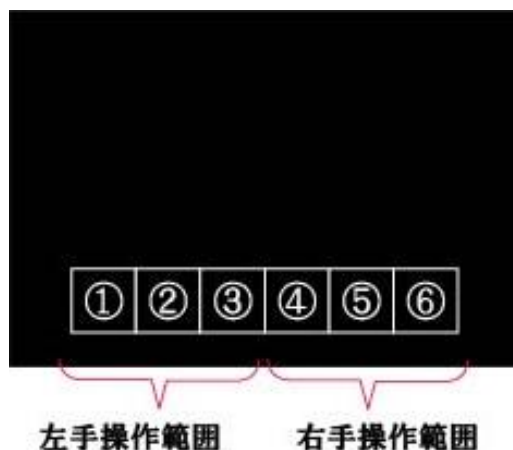



図 3-4 ボタン画面の番号と両手操作における操作範囲

課題系列は次のような制約を設け、プログラムを用いて作成した。①18 個の数字において 1~6 の数字が均等に発生し同じ数字が連続することはない、②1 つの操作から次の操作について、両手操作の場合に左手で連続して行うボタン操作 (1~3 の数字が連続する)、右手で連続して行うボタン操作 (4~6 の数字が連続する)、左右の手を切り替えて行うボタン操作 (1~3 の数字の後に 4~6 の数字がくる、またはその逆) は均等に発生する、③ある位置から次の位置のボタンに移動する際、指を右へ動かすか、左へ動かすかは均等に発生する、④「123456」「654321」の並びは存在しない、⑤系列の 18 個の数字において、4~7 番目、13~16 番目は 4 回連続して左手のみ (1~3 の数字) もしくは右手のみ (4~6 の数字) で実行できる範囲とする (この系列範囲を片側実行範囲とする)。①~④は学習に影響する可能性がある条件をそろえる目的、⑤は両手、片手での学習とその後の切り替えにおいて、利き手、非利き手側の操作範囲の操作速度を比較することを目的としている。課題系列の例を表 3-2 に示す。

表 3-2 課題系列の例

系列番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
	6	2	1	6	5	6	4	3	1
系列番号	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱
	2	4	5	1	3	2	3	5	4

 : 片側実行範囲

3.3 結果

実験参加者 42 名について全員が両手→片手条件, 片手→両手条件それぞれについて学習を達成し, 途中で中断した参加者はいなかった. しかし, 6 名はブロックにおけるエラー数が基準 (参加者全員のエラー数の平均+標準偏差の三倍) を超えていたブロックがあり, 1 名は操作方法を間違えていたため, それらの参加者のデータは分析から除外した. 結果, 利き手群 16 名, 非利き手群 19 名のデータを用いて分析を行った.

3.3.1 エラー数

エラー数とは課題提示画面と異なるアルファベットのボタンを押した回数を累計したものを表し, 実行の正確性を表す指標である. 図 3-5 は, 利き手群, 非利き手群における各学習順序条件で起きたエラーを第 1 学習, 第 2 学習ごとに累計した結果である. グラフから, 特に利き手群において条件と学習段階で差があり, 片手→両手条件の第 1 学習のエラーが少ないことが読み取れる.

利き手群の結果に学習順序(2 水準)と学習段階(第 1 学習, 第 2 学習の 2 水準)の繰り返しのある分散分析を行ったところ, 学習順序($F(1,15)=1.06, n.s.$), 学習段階の主効果($F(1,15)=2.09, n.s.$)は有意とは言えなかった. しかし, これらの交互作用($F(1,15)=3.73, p=.073$)が有意傾向であったため単純主効果の検定を行った. 結果, 第 1 学習において片手→両手条件(片手での実行)に比べ両手→片手条件(両手での実行)のエラーが多い傾向があり($p=.065$), 片手→両手条件において第 1 学習に比べ第 2 学習のエラーが多かった($p<.05$).

次に, 非利き手群にも同様の分析を行ったが, 学習順序($F(1,18)=1.44, n.s.$), 学習段階の主効果($F(1,18)=0.84, n.s.$), 交互作用($F(1,18)=0.11, n.s.$)の全て有意ではなかった.

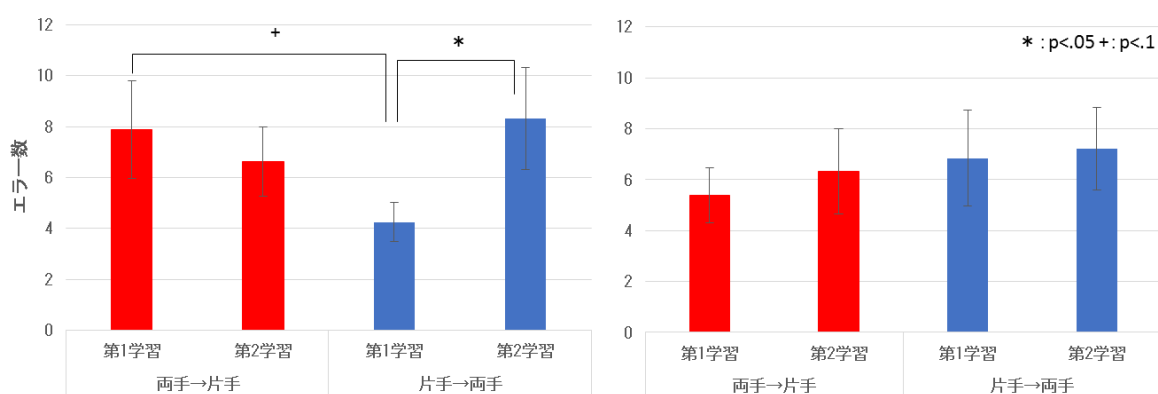


図 3-5 エラー数の結果 左: 利き手群 右: 非利き手群

3.3.2 反応時間

反応時間とは、あるボタンを押してから次のボタンを押すまでにかかった時間を指す。なお、ここでは反応時間に対し対数変換を行ってから分析をかけ、分散分析において Mauchly 検定で球面性が仮定できなかった場合は、Greenhouse-Geisser 法により自由度を修正し検定した。

全体の学習過程を把握するため、利き手群、非利き手群それぞれの学習順序 2 条件におけるブロックごとの反応時間の推移を図 3-6、図 3-7 に示す。それぞれのグラフでは、両手→片手条件は赤、片手→両手条件は青の線で示され、マーカーは丸が両手での実行、三角が利き手による片手での実行、四角は非利き手による片手での実行を表す。また、第 1~4 ブロックは第 1 学習、第 5~8 ブロックは第 2 学習に当たる。2 つのグラフともに各条件において第 1 学習を通して反応時間が短くなって行き、学習が進んでいることがわかる。また、第 2 学習初期の第 5 ブロックは第 1 ブロックに比べて明らかに速く、第 1 学習の最後の第 4 ブロックの反応時間に近いことから、先の学習が転移していると推測できる。また、第 2 学習の反応時間は特に非利き手群で学習順序条件で差があるように見え、学習順序の影響がある可能性が伺える。

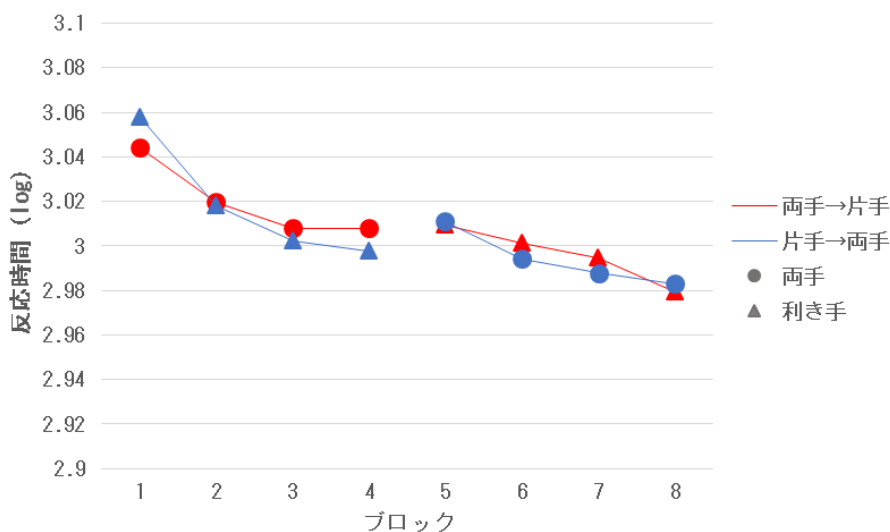


図 3-6 利き手群の反応時間

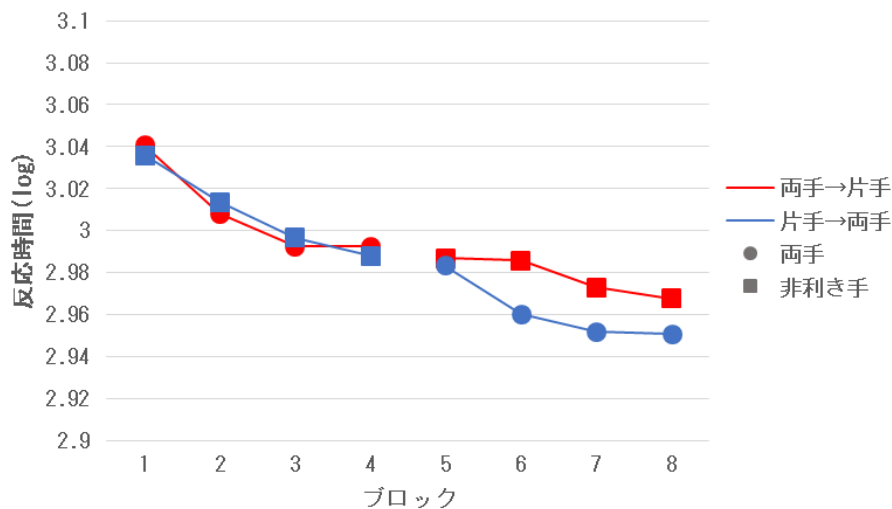


図 3-7 非利き手群の反応時間

A) 第 1 学習の反応時間

片手、両手での学習の違いを検討するため、第 1 学習のブロックを比較する。第 1 学習では、両手→片手条件は両手、片手→両手条件は片手で学習を行っている。

利き手群(図 3-8 左)の第 1 学習について、学習順序(2 水準)とブロック(4 水準)の 2 要因の繰り返しのある分散分析を行ったところ、学習順序の主効果($F(1,15)=0.01, n.s.$)は有意ではなかった。また、ブロックの主効果($F(1.42, 21.37)=36.68, p<.001$)が有意となった。また、これらの交互作用($F(1.42, 21.39)=1.62, n.s.$)は有意とは言えなかった。

次に、同様の分析を非利き手群(図 3-8 右)に対しても行ったところ、学習順序の主効果($F(1,18)=0.00, n.s.$)は有意ではなかった。また、ブロックの主効果($F(1.36, 24.63)=29.74, p<.001$)が有意となった。また、これらの交互作用($F(1.81, 32.54)=0.93, n.s.$)は有意とは言えなかった。各群のブロックの多重比較を行った結果は表 3-3 に示す。

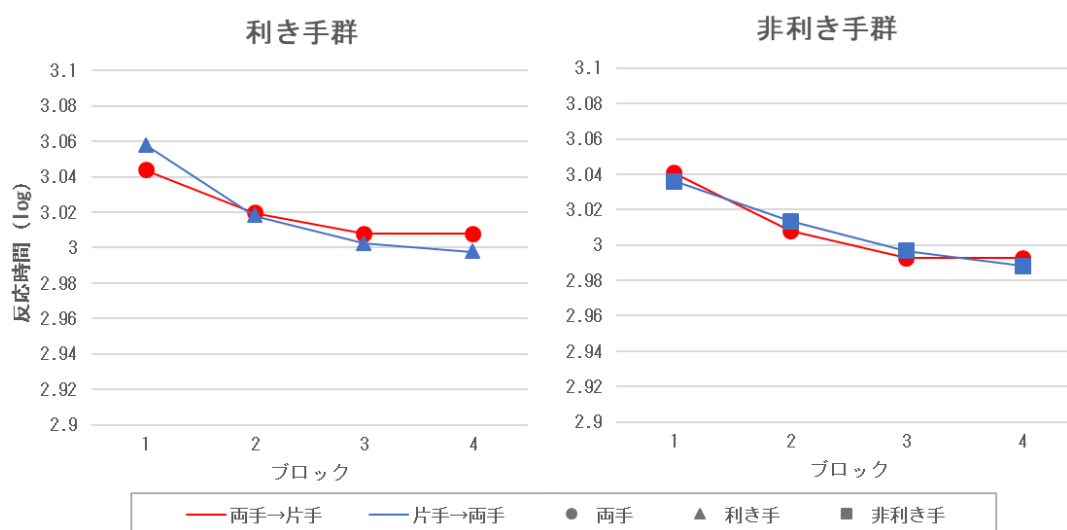


図 3-8 第 1 学習の反応時間

表 3-3 第 1 学習ブロックの多重比較結果

利き手群					非利き手群				
block	1	2	3	4	block	1	2	3	4
1		***	***	***	1		***	***	***
2	—		**	**	2	—		**	*
3	—	—		n.s.	3	—	—		n.s.
4	—	—	—		4	—	—	—	

*** : p<.001 ** : p<.01 * : p<.05

B) 第 4,5 ブロックの比較

第 1 学習で行った学習が第 2 学習に転移しているかを調べるため、第 4 ブロックと第 5 ブロックだけを抜き出し比較する。

利き手群、非利き手群の第 4, 5 ブロックの反応時間を図 3-9 に示す。まず利き手群の結果に学習順序(2 水準)とブロック(2 水準)の繰り返しのある分散分析を行ったところ、学習順序の主効果($F(1,15)=0.06$, $n.s.$)は有意とはならなかったが、ブロックの主効果($F(1,15)=4.06$, $p=.067$)に有意傾向が見られた。また、これらの交互作用($F(1,15)=1.36$, $n.s.$)は有意ではなかった。ブロックで比較した結果、ブロック 5 がブロック 4 より反応時間が長かった。これは第 1 学習の学習が第 2 学習への転移が一部であることを示している。

一方、非利き手群にも同様の分析を行ったところ、こちらは学習順序($F(1,18)=.12$, $n.s.$)、ブロック($F(1,18)=1.03$, $n.s.$)の主効果とそれらの交互作用($F(1,18)=0.01$, $n.s.$)の全てが有意ではなかった。このことから非利き手群では学習がほぼ 100%転移していると言える。

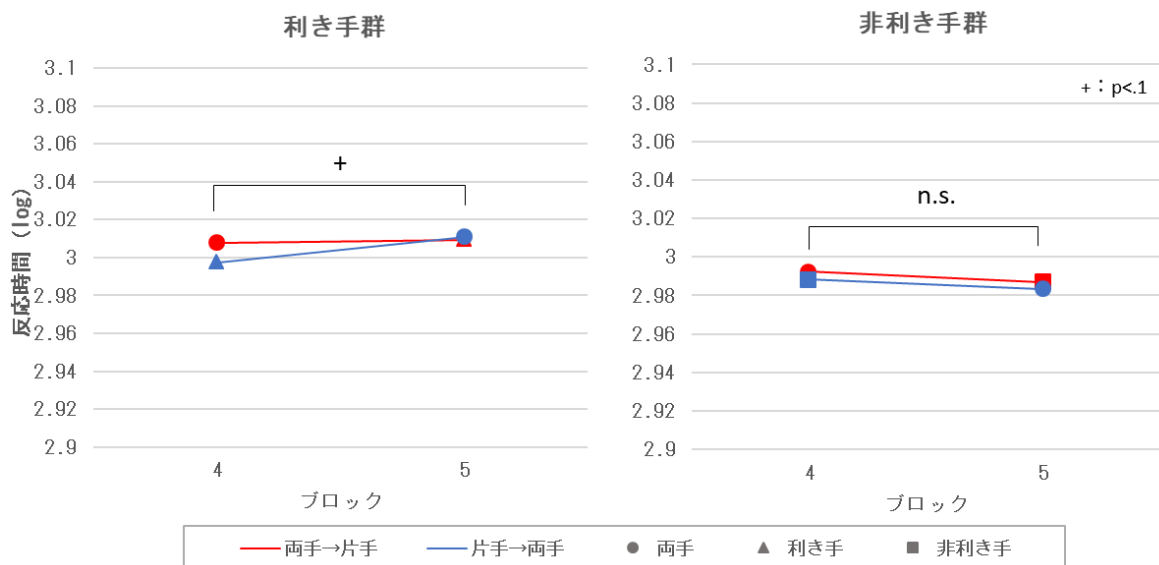


図 3-9 第 4,5 ブロックの反応時間

C) 第2学習

操作を切り替えた後の実行過程を検討するため、第2学習にあたる第5～8ブロックを比較する。第2学習は、両手→片手条件は片手、片手→両手条件は両手で行っている。

利き手群(図 3-10 左)の第2学習について、学習順序(2水準)とブロック(4水準)の2要因の繰り返しのある分散分析を行ったところ、学習順序の主効果($F(1,15)=0.01, n.s.$)は有意ではなかった。また、ブロックの主効果($F(1.31, 19.66)=11.42, p<.01$)が有意となったが、これらの交互作用($F(2.31, 34.71)=0.93, n.s.$)は有意とは言えなかった。

次に、同様の分析を非利き手群(図 3-10 右)に対しても行ったところ、学習順序の主効果($F(1,18)=2.28, n.s.$)は有意ではなかったが、ブロックの主効果($F(1.61, 29.11)=15.61, p<.001$)が有意となった。また、これらの交互作用($F(3, 54)=3.55, p<.05$)が有意となったため下位検定を行った。その結果、第6ブロックにのみ学習順序の単純主効果が見られ($p<.05$)、片手→両手条件の方が反応時間は短かった。各条件におけるブロックの多重比較の結果は表 3-4 に示す。

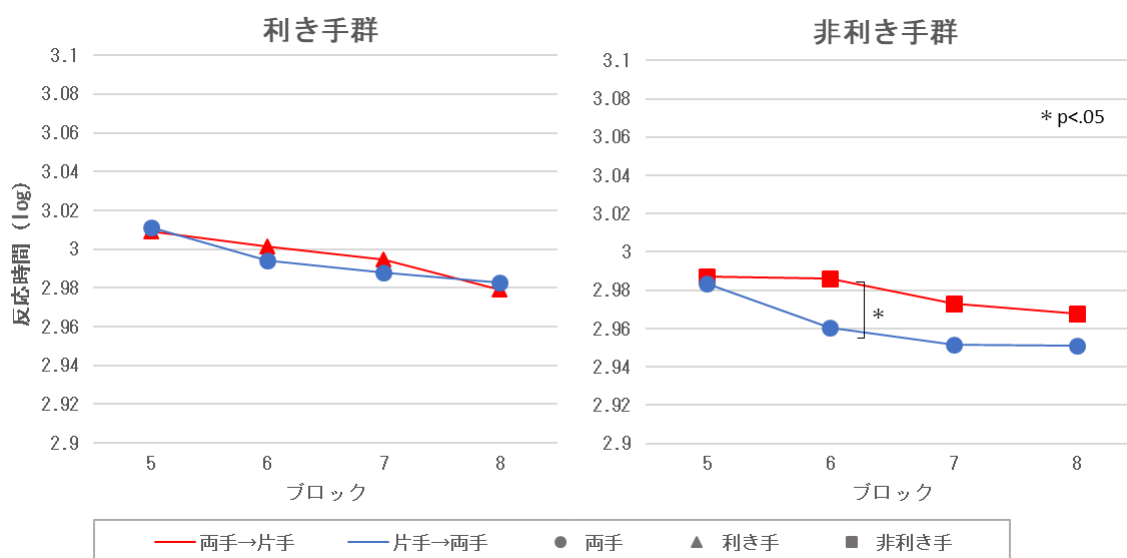


図 3-10 第2学習の反応時間

表 3-4 第 2 学習ブロックの多重比較結果

利き手群				
block	5	6	7	8
5		**	**	**
6	—		n.s.	n.s.
7	—	—		n.s.
8	—	—	—	

*** : p<.001 ** : p<.01

* : p<.05 + : p<.1

非利き手群, 両手→片手条件				
block	5	6	7	8
5		n.s.	n.s.	+
6	—		*	*
7	—	—		n.s.
8	—	—	—	

非利き手群, 片手→両手条件				
block	5	6	7	8
5		***	**	***
6	—		n.s.	n.s.
7	—	—		n.s.
8	—	—	—	

D) 片側実行範囲における反応時間

第 2 学習の反応時間に学習順序による差が見られた原因を調査するため、利き手、非利き手の実行速度の違いが最も出やすいと考えられる片側実行範囲での反応時間を比較する。

ここで、両手実行時、片手実行時において片側実行範囲を担当する手を図 3-11 に整理する(わかり易いよう、右手を利き手として表す)。片側実行範囲は、両手操作のとき利き手のみで実行を行う利き手範囲と、非利き手のみで行う非利き手範囲に分かれる。例えば、利き手群は片手実行においては利き手のみでボタン操作を行うため、どちらの範囲も利き手が実行することになる。また、両手→片手、もしくは片手→両手と手を入れ替える際、利き手群は非利き手範囲、非利き手群は利き手範囲で実行する手が変わり、もう一方の範囲は元の手が引き続き実行をすることになる。

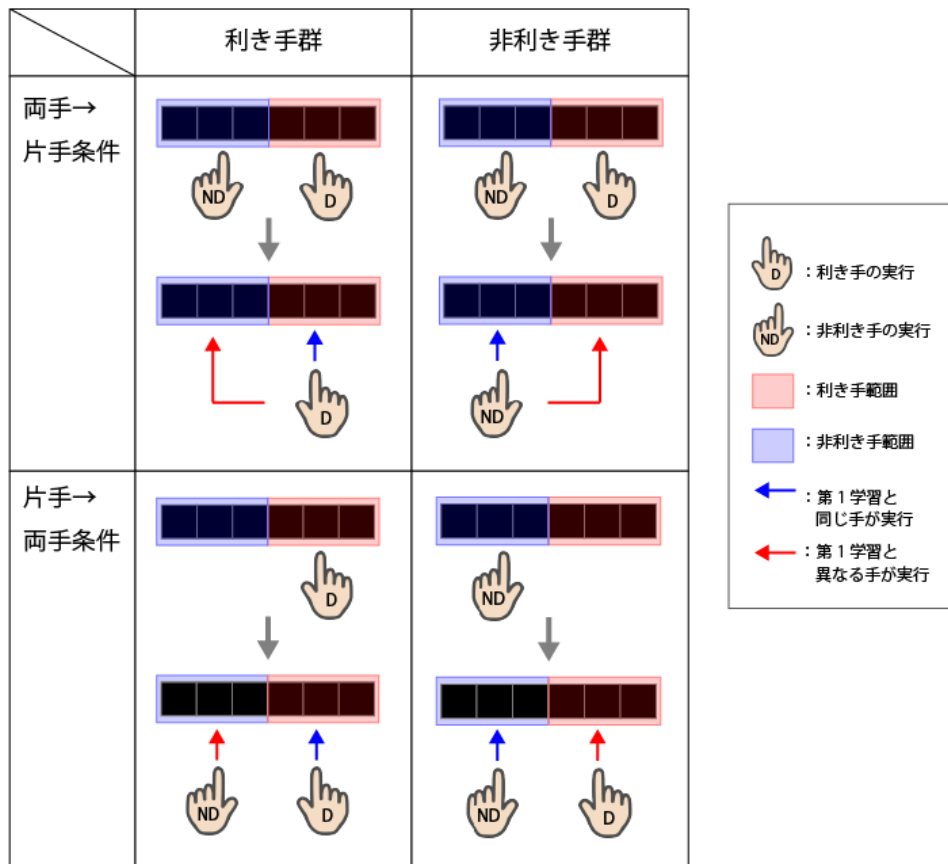


図 3-11 片側実行範囲を実行する手

以下では、反応時間に学習順序による差が見られた第 2 学習の片側実行範囲での結果を載せる。利き手群のそれぞれの片側実行範囲における反応時間の推移を図 3-12 に示す。まず、利き手範囲の結果について 学習順序(2 水準)とブロック(4 水準)の 2 要因の繰り返しのある分散分析を行ったところ、学習順序の主効果($F(1,15)=0.001, n.s.$)は有意ではなかったが、ブロックの主効果($F(1.85, 27.83)=5.52, p<.05$)が有意となった。また、これらの交互作用($F(2.15, 32.38)=0.53, n.s.$)は有意とは言えなかった。

次に、非利き手範囲にも同様の分析を行ったところ、学習順序の主効果($F(1,15)=0.01, n.s.$)は有意とは言えなかったが、ブロックの主効果($F(1.96, 29.46)=7.13, p<.01$)が有意となった。また、これらの交互作用($F(1.64, 24.65)=1.16, n.s.$)は有意とは言えなかった。ブロックの多重比較の結果は表 3-5 に示す。

次に、非利き手群のそれぞれの片側実行範囲における反応時間の推移を図 3-13 に示す。まず、利き手範囲の結果について 学習順序(2 水準)とブロック(8 水準)の 2 要因の繰り返しのある分散分析を行ったところ、学習順序の主効果($F(1,18)=2.68, n.s.$)は有意ではなかったがブロックの主効果($F(2.02, 36.38)=9.89, p<.001$)が有意となった。また、これらの交互作用($F(3, 54)=2.77, p<.05$)が有意であったため単純主効果の検定を行った。結果、第 6 ブロ

ックにおいて学習順序の単純主効果が有意であり，第 7 ブロックでは有意傾向が見られた ($p < .05$, $p = .073$)。各学習順序におけるブロックの多重比較の結果は表 3-6 に示す。

次に，非利き手範囲にも同様の分析を行ったところ，学習順序の主効果 ($F(1,18) = 0.23$, $n.s.$) は有意とは言えなかったが，ブロックの主効果 ($F(2.11, 38.14) = 5.85$, $p < .001$) が有意となった。また，これらの交互作用 ($F(2.71, 48.93) = 1.88$, $n.s.$) は有意とは言えなかった。ブロックの多重比較の結果は表 3-6 に示す。

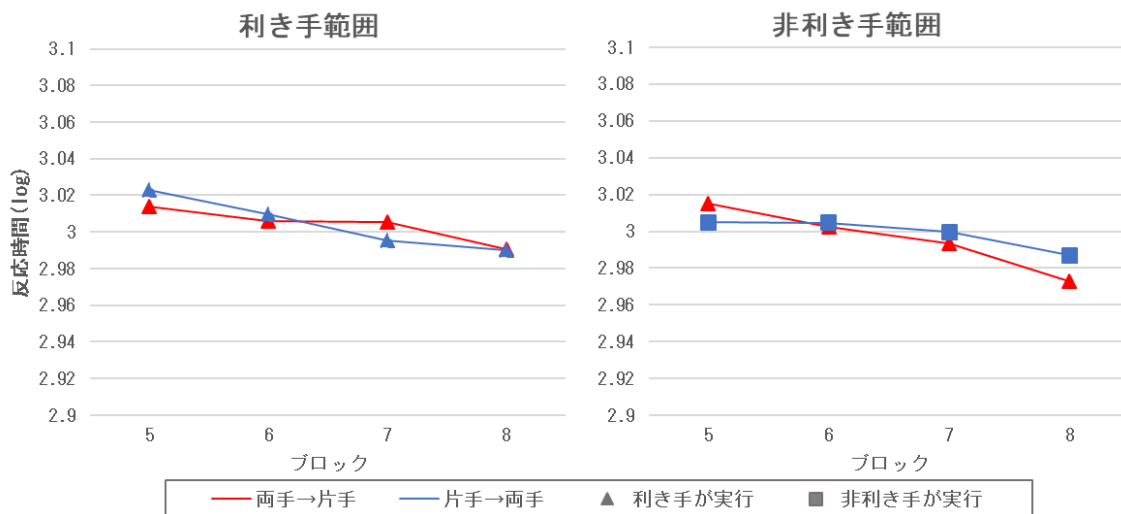


図 3-12 利き手群，片手実行範囲の反応時間

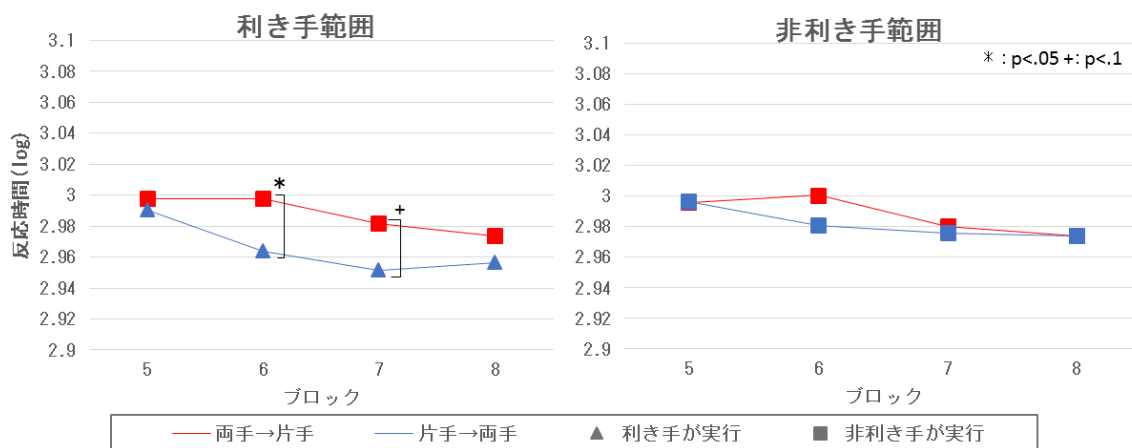


図 3-13 非利き手群，片手実行範囲の反応時間

表 3-5 利き手群, 片側実行範囲のブロックの多重比較結果

利き手範囲					非利き範囲				
block	5	6	7	8	block	5	6	7	8
5		n.s.	+	+	5		n.s.	n.s.	*
6	—		n.s.	n.s.	6	—		n.s.	n.s.
7	—	—		n.s.	7	—	—		*
8	—	—	—		8	—	—	—	

表 3-6 非利き手群, 片側実行範囲のブロックの多重比較結果

利き手範囲, 両手→片手条件					利き手範囲, 片手→両手条件				
block	5	6	7	8	block	5	6	7	8
5		n.s.	n.s.	n.s.	5		*	*	*
6	—		n.s.	+	6	—		n.s.	n.s.
7	—	—		n.s.	7	—	—		n.s.
8	—	—	—		8	—	—	—	

非利き手群				
block	5	6	7	8
5		n.s.	n.s.	+
6	—		*	*
7	—	—		n.s.
8	—	—	—	

*** : p<.001 ** : p<.01
* : p<.05 + : p<.1

3.4 考察

3.4.1 第1学習の結果について(両手学習, 片手学習の違い)

第1学習は両手→片手条件では両手, 片手→両手条件では片手での純粋な学習とみなせる。よって, この第1学習での反応時間, エラー数から初めて学習を両手, 片手で行う違いについて考察する。まずエラー数の結果では, 有意傾向ではあるものの利き手群で学習順序による差が見られ, 第1学習において両手→片手条件の方がエラーが多い傾向が見られた。つまり, 利き手においては両手で学習をする方が間違いやすいということである。この傾向は, 非利き手群には見られなかった。次に, 反応時間については, 利き手群, 非利き手群共に反応時間に学習条件の主効果も交互作用も見られなかったことから(図 3-8), 第1~4ブロックで学習順序による反応時間の差は無いという結果となった。以上の結果を表 3-7 にまとめる。

表 3-7 第 1 学習における結果のまとめ

	利き手群		非利き手群	
	両手操作	片手操作	両手操作	片手操作
エラー数	多い	少ない	差なし	
反応時間	差なし		差なし	

これらの結果について、両手操作が利き手での片手操作に比べエラー数が多いことから、両手操作の方が何らかの負荷がかかっていると考えられる。両手操作は左右の手を協調させる必要があり、例えば手を切り替える際は手を動かす前にその命令に関する処理を行うはずだが、このような処理があることで片手だけで操作する場合より負荷がかかるのではないだろうか。しかし、このエラー数の差は利き手群にのみ見られ、非利き手群では第 1 学習で学習順序による差はみられない。これに関しては、非利き手だけを動かすということは利き手だけを動かすことに比べ負荷がかかっている可能性が考えられる。つまり、手を動かす際の負荷が「利き手のみ < 両手 ≒ 非利き手のみ」という関係になっており、利き手と両手では負荷の大きい両手操作の方がエラーが多くなったが、非利き手と両手では同程度の負荷であるためエラー数に差がでなかったと推測する。しかしその場合、利き手と非利き手の結果を比べたときに非利き手のエラー数が多くなるはずである。実際に図 3-5 を見ると、片手→両手条件の第 1 学習は利き手群より非利き手群で多くエラーが生じている。そこで、エラー数を利き手群、非利き手群を参加者間要因、学習順序と学習段階を参加者内要因とした 3 要因の分散分析を行い、注目する片手→両手条件の第 1 学習における利き手と非利き手の比較に関係する統計結果を見る。その結果、2 次の交互作用に有意傾向が見られ ($F(1,33)=3.42$ $p=.073$)、第 1 学習において利き手/非利き手と学習順序の単純交互作用が見られたものの ($F(1,33)=5.41$, $p<.05$)、下位検定の結果、片手→両手条件の第 1 学習における利き手/非利き手の単純・単純主効果は有意ではなかった ($F(1,33)=1.49$, $n.s.$)。しかしながら、この条件は本実験で参加者間条件であるために検定力が低い可能性や、課題が単純だったことでそもそもエラー数が少なく、差が出にくかった可能性も考えられる。よって、利き手・非利き手を参加者内条件としたデザインの実験や、課題の難易度を上げた実験を行い、この可能性について検討する必要があると考える。

3.4.2 学習の転移について

本実験では、利き手群・非利き手群共に学習順序 2 条件で 2 個のボタン操作を学習した。これらのデータについて、第 1 学習の最終ブロックである第 4 ブロックと第 2 学習の最初のブロックである第 5 ブロックの反応時間を比較し、差がなければ第 1 学習で得られた学習効果はほぼ 100% 転移しているということになる。

利き手群の結果(図 3-9 左)では、第 4 ブロックと第 5 ブロックの反応時間について、ブ

ロックの主効果に有意傾向が見られ、第 5 ブロックの方が長いという結果が得られた。交互作用はなかったことから、両手→利き手条件、利き手→両手条件のどちらの学習順序においてもその傾向があると考えられ、第 1 学習における学習は転移しているものの 100%ではなく、一部の転移と言える。しかし非利き手群の結果(図 3-9 右)では、第 4 ブロックと第 5 ブロックにおいてブロックの主効果と交互作用は見られなかった。このことから、非利き手群においては第 1 学習の効果はほぼ 100%転移していると言える。Nozaki et al.(2006)では、運動学習において両手・片手での学習は、操作を切り替えることで一部のみ転移したと報告されており、これは右手、左手に関わらず同様の結果とされていたため(彼らの実験の参加者は全員右利きであった)、異なる結果が得られたことになる。これは、ボタン押しの手続き学習に段階があることによるものと考えられる。Hikosaka et al.(1999)から、ボタン押しの手続きは、ボタンの位置という空間座標系として学習された後、腕をどのように動かすかという身体座標系として学習されるということが知られている。本実験では、第 1 学習、第 2 学習共に 90 試行×4 ブロックというデザインをとったが、この 4 ブロックだけでは身体座標系による学習まで至らず、空間座標系による学習の段階にとどまっていたと考えられる。しかし、利き手は非利き手に比べて動かし慣れていることから比較的操縦への慣れが速く、利き手群では人によって身体座標系による学習の段階まで達していた可能性がある。これにより利き手群と非利き手群で転移の度合いに差ができたのではないだろうか。これらのことから、空間座標系と身体座標系は身体の制御過程が図 3-14 のように異なり、空間座標系の学習は片手と両手の間で操作を切り替えてもほぼ 100%転移することが可能であるが、身体座標系の学習では一部しか転移しないと推測する。よって、例えば第 1 学習のブロック数を増やし、身体座標系で学習する段階に完全に達した後で手を切り替えると、どちらの手においても Nozaki らの結果と同じく学習効果は一部しか転移せず、第 2 学習初期の反応時間が長くなると予想する。

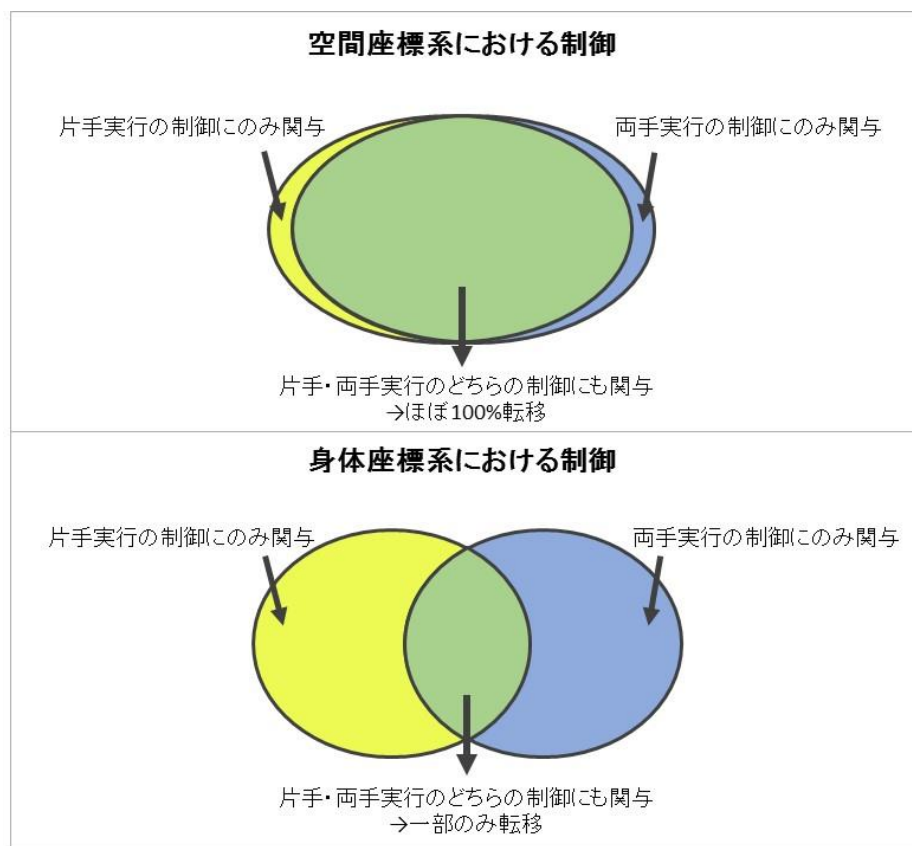


図 3-14 各座標系における制御モデル

3.4.3 第 2 学習の結果について(学習順序の影響)

両手学習から片手、片手学習から両手と手を切り替えた後の学習と、学習順序が与える影響について考察する。先述の通り、第 4、5 ブロックの反応時間を比較した結果から、利き手群・非利き手群共に学習が転移していることが分かった。また、第 2 学習において、利き手群では学習順序による差は見られないものの、第 5 ブロックと以降のブロックに反応時間による差が見られることから(図 3-10 左)、第 2 学習においても学習が進んでいると言える。一方で非利き手群では、第 6 ブロックにおいて片手→両手条件の方が反応時間が短い(図 3-10 右)。また、片手→両手条件は第 5 ブロックと以降のブロックの間に差があるのに対し、両手→片手条件は第 6 ブロックと以降のブロックから差が出ている。つまり、片手→両手条件の方が、学習が速く進んでいるということである。

この学習順序条件による差の原因について、片側操作範囲を実行する際の反応時間から考察を行う。各範囲の反応時間のグラフ(図 3-12, 図 3-13)に、どの手が行っているかを示したものが図 3-15 である。図中の手のマークについては、赤が両手→片手条件、青が片手→両手条件において各範囲を実行している手を表す(わかり易いよう利き手を右手として表している)。例えば利き手群で非利き手範囲(図 3-15 右上)を実行したのが、赤色の両手

→片手条件では4ブロックまでは両手実行中の非利き手であり、5ブロック以降は片手実行中の利き手であることを表す。以下では、各群と条件をわかりやすくするため、利き手群の両手→片手条件を「両手→利き手条件」、片手→両手条件を「利き手→両手条件」という形に言い換える。非利き手群も同様である。

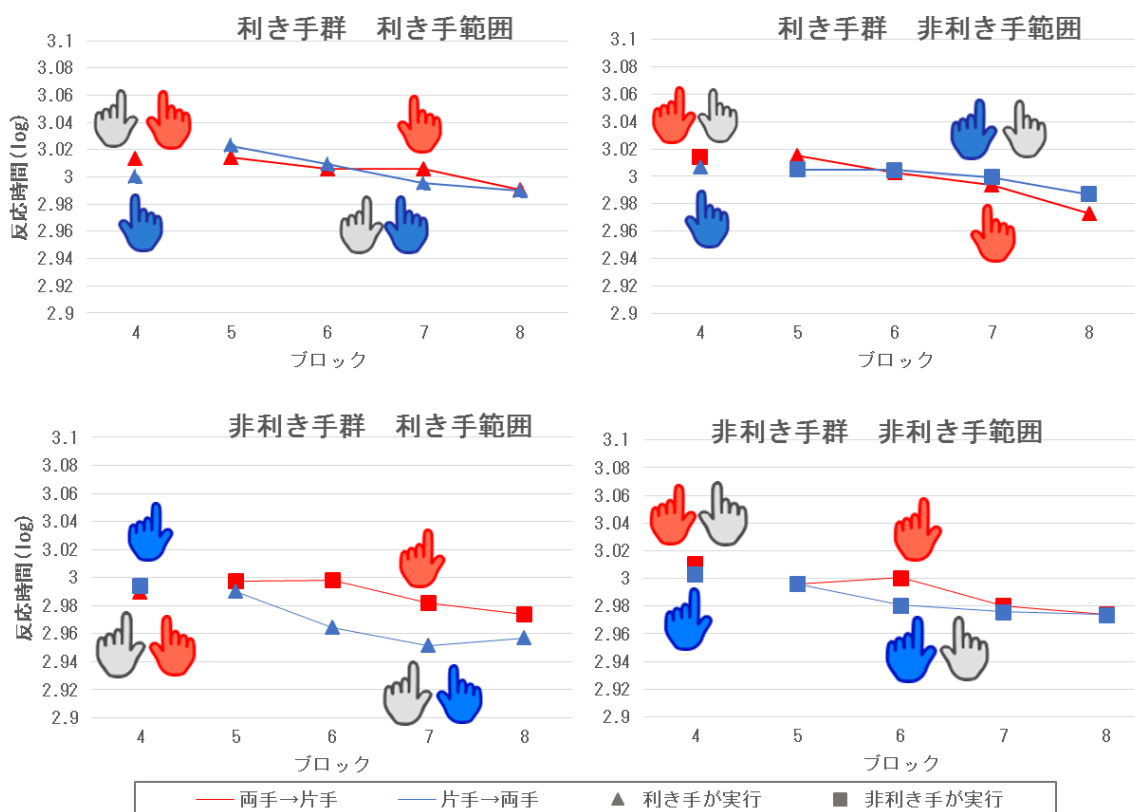


図 3-15 片側実行範囲の反応時間と各条件で実行する手

非利き手群の利き手範囲の反応時間(図 3-15 左下)は非利き手群全体で比較した結果と同じように変化している。この非利き手群における利き手範囲では、両手→非利き手条件では利き手が担当していた部分を非利き手が代わって担当し、非利き手→両手条件では逆に非利き手が担当していた部分を利き手が実行するが、非利き手→両手条件の方が第6ブロックからの反応時間が短くなっている。この原因として、まず単に利き手、非利き手の能力の差が影響している可能性を考えた。利き手は非利き手に比べて普段からよく使用する手であるため、第1学習において非利き手で実行していた部分が動かしやすい利き手に変わったことで、速く実行ができるようになったということである。しかし、非利き手から利き手への切り替えというのは、利き手群の非利き手範囲(図 3-15 右上)においても両手→利き手条件で行われている。もし手の器用さが第2学習の速さに影響するのであれば、この図における両手→利き手条件は利き手→両手条件より反応時間が速くなるはずである。しかし、

学習順序による有意差は見られていない。よって、単に利き手の器用さが第 2 学習の進捗を決めると結論付けることは難しい。

次に、学習順序の影響を受けている可能性が考えられる。利き手範囲における非利き手→両手条件は、第 5,6 ブロック間で反応時間に有意差が出ており、他の条件に比べ学習進捗が速い。実際に、この条件のように第 2 学習において利き手が利き手範囲を担当するのは、図 3-16 に示す 3 通りであるが、他の 2 通りである利き手→両手条件と両手→利き手条件の利き手範囲の学習進捗は、第 7 ブロックから反応時間が短くなっており(図 3-15 左上)、非利き手→両手条件に比べ学習進捗が遅い。また、この利き手範囲の非利き手→両手条件と同じく非利き手範囲の両手→利き手条件では非利き手から利き手への切り替えが起きているが、この条件も第 8 ブロックから反応時間が短くなっており(図 3-15 右上 赤)、学習進捗は遅い。これらの学習進捗の違いには、利き手が最初の学習から使用されているかが影響していると考えられる。利き手→両手条件の場合、第 1 学習では利き手が全てを実行しており、その中で実行していた利き手範囲を第 2 学習でも担当する。両手→利き手条件の場合、第 1 学習では両手で行っていた範囲を第 2 学習では利き手だけで実行し、それまでの利き手範囲に加え新たに非利き手範囲も担当する。しかし、非利き手→両手条件の場合、第 1 学習では利き手は使用しておらず、第 2 学習で新たに用いられる。非利き手→両手条件の利き手の学習進捗が最も速いことから、利き手は新しく操作の実行に加える場合は速やかに学習できるという特性があると考えられる。非利き手→両手条件が両手→非利き手条件に比べ反応時間が速くなったことはこの利き手の特性によるものと説明することができる。

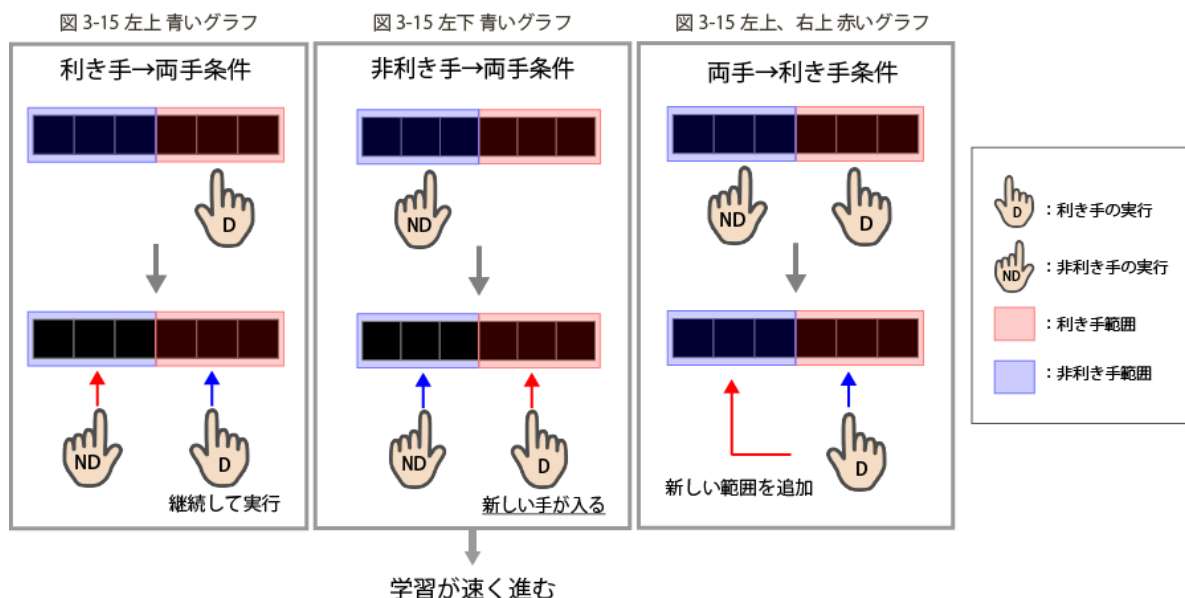


図 3-16 利き手範囲を利き手が実行する条件の比較

最後に、第 1, 第 2 学習間で手が切り替わらない範囲について述べる。利き手群の利き手範囲(図 3-15 左上), 非利き手群の非利き手範囲(図 3-15 右下)は共に学習順序による差はなく、またブロックごとの比較結果から、第 5, 6 ブロックでは差が見られず、以降から反応時間が短くなっていく傾向が見られた。この結果は、この間は学習が進んでいないということを示す。これは、第 5, 6 ブロック間は、片手→両手条件では新しく入る手との調整を、両手→片手条件では片手が新しく実行する範囲に関する調整が行われ、それが済んでから引き続き同じ手が実行する範囲について更なる学習をしているため、学習が遅れたと考えられる。つまり、両手、片手を変えることにより、手が変わらないとしても学習が一時的に止まってしまうように見えるが、実際は制御が変わることによる調整が進んでいるということである。元の手に新しい範囲を追加する両手→片手条件は片手の負担が増えるため一時的に学習が止まることがイメージしやすいが、新しい手が入るだけの片手→両手条件であっても、元の手が独立して学習し続けることはできないのだ。

第4章 結論

4.1 実験結果まとめ

本研究では、タッチパネルを用いたボタン操作の習得と熟練を手続き学習としてとらえ、手続きの学習に影響を与える要因について検討することを目的に、2つの実験を行った。

実験 1 では、エラー時にやり直しをさせる箇所という要因について検討した。エラー時に最初からやり直す方法である All-back 学習法と間違えた箇所からやり直す方法である Zero-back 学習法の 2 種類の学習方法を主要な条件として、4×5 のボタン構成を用いてボタン系列を学習させる実験を行った。その結果、All-back 学習法はエラーが少なく学習ができる一方、Zero-back 学習法では学習に必要なボタン押し回数が少なかった。この結果を先行研究である保科・森田(2017)の 2×9, 3×6 のボタン構成を用いた結果と比較したところ、ボタン構成によって学習効率が変化することが示され、更にこのボタン構成による学習効率の変化は、ボタン構成によって学習の難易度が異なることに起因していることが示唆された。

実験 2 では、学習を片手で実行するか両手で実行するかという要因とその後片手から両手もしくは両手から片手へと切り替えた後に先の学習の効果が転移するかを検討した。実験では、ディスプレイに提示されたアルファベットに対応する手元のボタンを押す操作を片手で学習した後同じ操作を両手で行う条件とその逆の条件を設け、条件間でエラー数、反応時間を比較した。その結果、最初の学習で生じたエラー数から、両手を用いたボタン押しの学習は利き手のみの学習よりエラー数が多かった。これにより、両手学習は利き手学習に比べ負荷がかかっていると考えられる。また、最初の学習が空間座標系を利用している段階までであれば用いる手の条件を変えてもほぼ 100%学習が転移するものの、身体座標系を利用している段階に至っている場合は一部しか転移しないことが示唆された。また、手の切り替え後の学習に関して、非利き手から両手への切り替えでは両手から非利き手へ切り替えた場合に比べ学習が速く進んでいた。この原因として、利き手が切り替えにおいて新しく追加されたとき早いうちから学習ができるという特性を持っているためではないかと考えられる。

4.2 今後の課題

4.2.1 実験 1

実験 1 においては、2×9 課題では All-back 学習法の方が学習達成までの作業時間が短かったのに対し、3×6, 4×5 課題において作業時間の差が見られなかったことから、例えば 5×4, 6×3 のように更にボタン押し回数がまとまった場合に All-back 学習法、Zero-back

学習法によって作業時間にどのような差が出るのかは検討の余地がある部分と考える。

また、結果から課題の難易度がエラーの起こりやすさに関わり、ボタン押し回数や作業時間などの項目にも変化をもたらしたということが示唆されたが、これを裏付けるためにはボタン構成以外の要因で課題の難易度を変え、結果を比較する必要がある。

4.2.2 実験 2

実験 2 の結果から、片手から両手、両手から片手へと操作を切り替えた場合に、最初の学習がボタンの配置の空間座標を用いる段階であればほぼ 100% 転移するが、身体座標を用いる段階まで学習されると一部しか転移しない可能性があると考えた。この可能性を裏付けるためには、最初の学習を身体座標系に至るまで行ってから転移を観察する必要がある。実験 2 では 90 試行を 4 ブロック行うことを第 1 学習としたが、実験 1 のようなボタン押し課題とは異なり、ボタン自体にアルファベットという手がかりがあることで、参加者はそれぞれのボタンを確認しがちになったと思われる。ディスプレイを 2 つにすることで提示されたアルファベットとボタンの間で目線を動かす手間を増すなどの工夫はしたものの、それでも身体座標による学習になるまで時間がかかり、多くの参加者が空間座標による学習の段階にとどまったと考えられる。ボタンにアルファベットという意味がある状況で身体座標を利用する段階まで学習させるために、単純に第 1 学習のブロックを増やすか、ある程度操作した後にボタンのアルファベットを隠して操作する試行を混ぜるなどの工夫を行い、本実験で得られた可能性を裏付ける必要があると考える。

また、本実験では片手操作を利き手で行うか、非利き手で行うかを参加者間条件とした。この要因も実験参加者内とすると 1 人の参加者が操作を学習するボタン配置の数が多くなり条件間で学習するボタン配置の混同が生じることや実験時間が長くなることを懸念しこのデザインを採用した。実験結果は基本的に利き手群、非利き手群と分けて分析を行ったが、特にエラー数の結果など、利き手、非利き手を比較したほうが良い箇所も見られた。参加者間条件を用いたことでこの比較において検定力が低かった可能性も考えられるため、参加者に日を空けて利き手、非利き手で行ってもらえるなどの工夫をし、参加者内で比較できるような実験デザインをするべきだったかと思われる。

最後に、本実験では 90 試行の中で 18 個のボタン系列を 5 回繰り返した。これはある程度決まった操作を想定し、例えば文字入力においてよく使うフレーズなどは素早く打てるようになる、といった学習に当たる。しかしながら、実際の文字入力の習得はどのようなフレーズや単語でも素早く打てることが望ましいため、この系列学習を行うことでランダムな課題提示にも対応することができるのか、といった学習の汎用性について今後検討していく必要があると考える。

4.3 結論

本研究では、タッチパネルのボタン操作の習得を手続き学習ととらえ、その学習に影響する要因を検討することを目的とし、操作におけるエラー時にやり直しをさせる箇所という要因と片手、両手による操作という要因を対象にそれぞれ実験を行った。

エラー時にやり直しをさせる箇所については、最初からやり直す方法と間違えた箇所からやり直す方法を比較した。その結果、学習するボタン構成によって学習効率は異なり、細かい構成では最初からやり直す方法が全ての側面において効率的である一方で、ボタン構成がまとまっていくと、エラー数は最初からやり直す方法の方が少ないものの、ボタン押し回数については間違えた箇所からやり直す方法の方が効率的となることがわかった。このことから、例えば一画面である程度の操作を行わせた後に次の画面に遷移するような設計の操作を行う場合、最初からやり直す形式では少ない間違いで学習することができ、間違えた箇所からやり直しを行う形式では少ない押し直しで学習が進み手続き記憶が形成されると考えられる。

学習を片手で行うか両手で行うかという影響は、両手操作は利き手のみで操作するよりエラーが多いことから、より負荷がかかっている可能性があり、両手を用いて操作を学習することは利き手のみで操作を学習するより難しいと考えられる。また、学習後に手を変えた場合、空間座標系を用いる段階では先の学習効果はほぼ 100% 転移するものの、身体座標系を用いる場合は一部しか転移しないことが示唆された。以上のことから、日常生活において、例えばスマートフォンの操作を覚える際、片手で行うより両手で行う方が間違いが多く、操作の正確性が乏しくなると考えられる。また、普段片手で使用するスマートフォンを両手で使おうとしたとき、先の片手操作がボタン配置を覚えた状態までであればそのまま同じような速さで操作ができると言えるが、完全に指の動きで覚えている場合は両手操作にした場合の速度が遅くなってしまい、両手操作から片手操作に変える場合も同様の現象が起きるのではないかと考えられる。

タッチパネルの機器操作は、実際にボタンを押して目的の操作を繰り返すことにより操作を学習し習得することができる。その学習には、操作するシステム側の設計という要因、操作するユーザー側が選択する要因があり、それぞれが学習効率に影響することがわかった。よって、システム的设计を学習しやすい方法に則す、使用するユーザーが学習しやすい方法を意識し操作の仕方を選択するという 2 つの面から、機器操作はより覚えやすいものにできると考えられる。

参考文献

- Hikosaka, O., Nakahara., Rand, M.K., Sakai, K., Lu, X., Nakamura, K., Miyachi, S., & Doya, K. (1999). Parallel networks of learning sequential procedures. *Trends In Neurosciences*. 22. pp464-471.
- 保科みず希, 森田ひろみ (2017). 系列的手続き学習における学習方法の比較. 電子情報通信学会技術研究報告. 117(29). pp5-8.
- 田中観自, 渡邊克己 (2015). 学習方法の違いが視覚運動系列学習に及ぼす影響. 日本認知科学会第 32 回大会
- Nozaki, D., Isaac Kurtzer & Stephen H Scott. (2006). Limited transfer of learning between unimanual and bimanual skills within the same limb. *NATURE NEUROSCIENCE*. Vol 9. pp1364-1366.

謝辞

本論文の執筆に当たり、多くの方々のご協力をいただきました。

指導教員である森田先生には学群生時代からご指導をいただき、研究テーマ決めから論文執筆の全てにおいて大変お世話になりました。お忙しい中で親身に相談に乗っていただき、的確なアドバイスをしていただけたこと、やさしい言葉をかけていただいたことで最後までくじけずに済みました。

お忙しいにもかかわらず快く副指導教員を引き受けてくださり、特に中間発表で貴重なご意見をくださいました真榮城先生にも、感謝をいたします。

また、実験にご参加いただいた皆様がいなければ本研究は成り立ちませんでした。普段なかなか足を踏み入れないであろう春日までお越しく下さり、ありがとうございました。

その他にもゼミでアドバイスをくださった研究室の皆様、つらい時期に励ましあい、時にしょうもない冗談を言い合った他研究室の同期、ご飯を奢ってくれたバイト先の社員の方々、話を聞いてくれた友人各位、いつも応援してくれた家族の支えがあったことを幸せに思います。

お世話になった全ての皆様に、心からの感謝を申し上げます。

付録目録

- 実験 2 データ
- 実験 1 手順書・教示文、記録表、実験前調査、実験後調査
- 実験 2 手順書・教示文、記録表、実験前調査、実験後調査

実験 2 について本文に掲載しなかった第 1 学習における片側実行範囲の反応時間のデータを以下に示す。本文中の分析と同様、反応時間に対し対数変換を行ってから分析をかけ、分散分析において Mauchly 検定で球面性が仮定できなかった場合は、Greenhouse-Geisser 法により自由度を修正し検定した。各群、各範囲の結果に学習順序(2 水準)とブロック(4 水準)の繰り返しのある分散分析を行った結果、全ての群・範囲について学習順序の主効果は見られずブロックの主効果は有意であり、交互作用は有意とはならなかった。

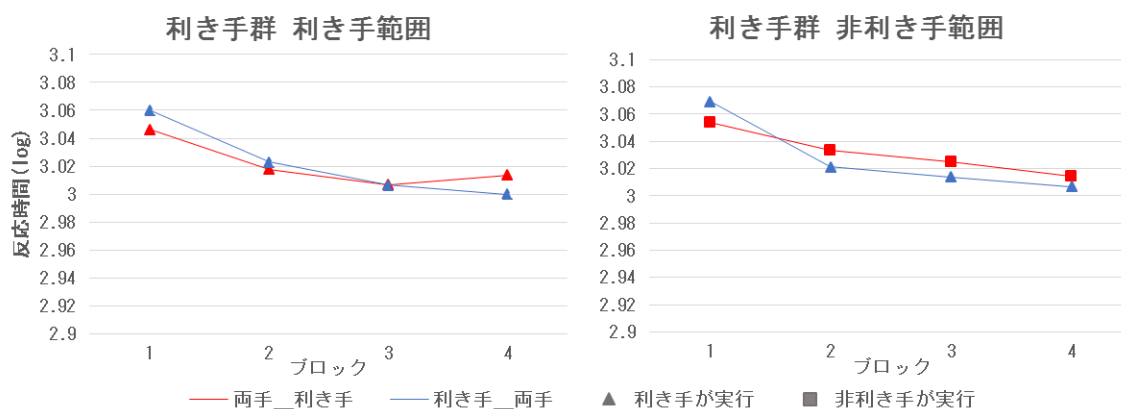


図 1 第 1 学習における利き手群・片側実行範囲の反応時間

表 1 利き手群、ブロックの多重比較の結果

利き手範囲					非利き手範囲				
block	1	2	3	4	block	1	2	3	4
1	—	***	***	***	1	—	***	**	***
2	—	—	*	*	2	—	—	n.s.	*
3	—	—	—	*	3	—	—	—	n.s.
4	—	—	—	—	4	—	—	—	—

*** : p<.001 ** : p<.01 * : p<.05

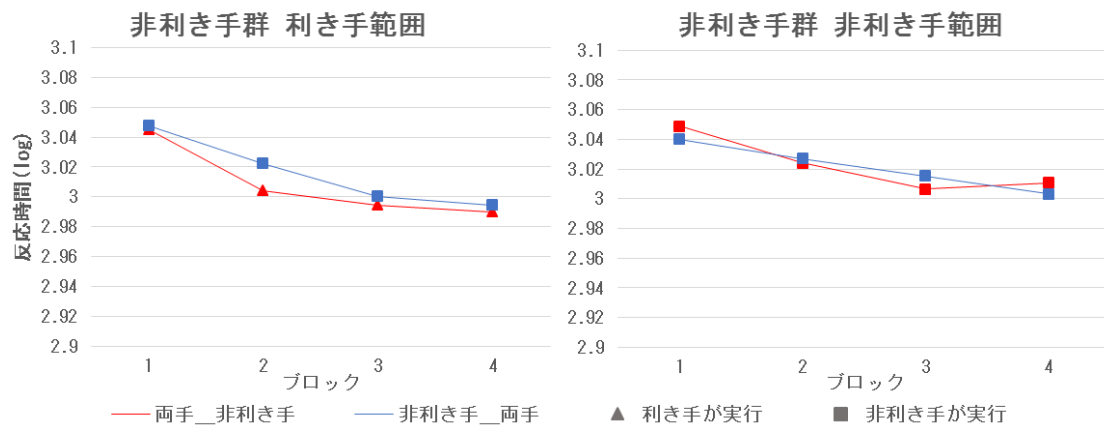


図 2 第 1 学習における非利き手群・片側実行範囲の反応時間

表 2 非利き手群、ブロックの多重比較の結果

利き手範囲					非利き範囲				
block	1	2	3	4	block	1	2	3	4
1		***	***	***	1		***	***	*
2	—		+	**	2	—		+	n.s.
3	—	—		n.s.	3	—	—		n.s.
4	—	—	—		4	—	—	—	

*** : p<.001 ** : p<.01 * : p<.

実験 1 手順書・教示文

- ・暗室内の準備
- ・プリンターの電源を切る
- ・PC を（再）起動
- ・タッチパネルの接続を確認、起動
- ・スピーカーの接続を確認、電源を入れる
- ・Matlab を起動、動作確認（音量調整）
- ・入り口に実験中の張り紙をし、ロックを解除
- ・ID を確認し、同意書、記録表、実験前調査、実験後調査に記録
- ・実験記録表に条件、ボタン系列を記入
- ・実験参加者の筆記用具を用意
- ・携帯電話の電源を切る
- ・練習用プログラムを起動

○実験参加者が入室、着席させる

本日は実験に参加していただきありがとうございます。本実験を担当します、知覚・認知心理学研究室の保科です。よろしくをお願いします。

まず、こちらの同意書に目を通していただき、実験参加に同意していただける場合には、日付、住所、氏名の記入をお願いします。

（同意書の記入、確認後、一枚は被験者へ。もう一枚は ID を書き込んで保管）

次に、こちらのアンケートへの回答をお願いします。

（実験前調査の記入、確認）

（記録表に実験の開始時刻を記録）

ありがとうございます。実験を始める前に、携帯電話をお持ちでしたら電源をお切り下さるようお願いします。普段眼鏡を着用されている場合は、おかけください。

それではまず、実験の説明をさせていただき、その後、実際に練習した後、本番を行っていただきます。こちらへどうぞ（暗室へ）

今回の実験では、表示されるボタンを順番通りに押していくゲームを行ってまいります。画面には 4×4 のマス目が表示され、この 1 マスを 1 つのボタンとみなします。下の点灯しているマス目は実験を開始するスタートボタンで、この状態の画面を開始画面と呼びま

す。

実験が始まると、同時に4個のボタンが赤く点灯します。この点灯したボタンを押していただきます。この点灯したボタンにはあらかじめ正しい順序が決められていますが、実際に押してみるまでその順序はわかりません。正しい順序で押すことができた場合には、次のセットに進み、別の4個のボタンが点灯します。間違えた順序で押したり、ほかのボタンを押してしまった場合、スピーカーから音が鳴り、

○全点灯画面の場合

全てのボタンが点灯します。このような画面を警告画面と呼びます。

○全消灯画面の場合

点灯していたボタンが全て消えます。このような画面を警告画面と呼びます。

☆All-back の場合

その後、開始画面に戻り、再びスタートボタンを押すところからやり直さなければいけません。連続で5セット、合計で20個のボタンを正しい順序で押すとOKと表示され、開始画面に戻りますので、スタートボタンを押してそれまでと同じ順序でボタンを押してってください。

☆Zero-back の場合

その後、再び間違えたときと同じセットが点灯するので、そのセットをもう一度やり直してください。その後、5セット目まで正しい順序を見つけると画面にReturnと表示され、開始画面に戻りますので、スタートボタンを押してそれまでと同じ順序でボタンを押してってください。連続で5セット、合計で20個のボタンを正しい順序で押すとOKと表示され、開始画面に戻ります。こちらも同じようにスタートボタンを押して、先ほどと同じ順序でボタンを押してってください。

このように、5セット、合計20個のボタンを間違えることなく押して画面にOKと表示されることを、一定の回数達成することができれば1回のゲームがクリアとなり、画面に「Game Clear」と表示されます。

ここで、いくつか注意点を申し上げます。ボタンを押す際には、利き手の人差し指一本で押し、途中で手や指を変えないようにしてください。そして、できるだけ速く正確に、ボタンの真ん中を押してください。ボタンがタッチされたかどうかのフィードバックはありませんが、画面に触れれば基本的にタッチができています。そして、押した際に画面に指をスライドさせないようにお願いします。(実演する)

そして、タッチパネルの画面以外には極力触らないようにお願いします。

また、ゲームを行っている中で疲れたり、考えたりしたいときは、開始画面の状態のときをお願いします。一度スタートボタンを押してセットが表示されている間は、再びこの開始画面が表示されるまでは休まず押し続けてください。

最後に、間違えたときの音が鳴り、警告画面が表示されている状態ではボタンを押しても反応しませんので、その画面ではボタンを押さないようにお願いします。

ここまでで何か質問等がありますか？

(調整)

それではディスプレイにタッチしやすいように、椅子の高さを調整してください。

実際にやっていただく前に、カーテンを閉めさせていただきます。

光の漏れはありませんか？

それではまず、練習を行います。練習では 20 個のボタン押しを間違えずに合計 5 回達成するとゲームクリアとなります。画面に「Game Clear」と表示されたら声をかけてください。それでは、スタートボタンを押して始めてみてください。

(練習ブロック 1 終了)

お疲れ様でした。練習してみてわからないところはありませんか？

椅子の高さは今のままで大丈夫ですか？(必要なら調整してもらおう)

ではこれ以降、椅子の高さは変えないようにお願いします。

(本番用プログラムを起動)

それでは続けて本番を行っていただきます。本番では 20 個のボタン押しを間違えずに合計 30 回達成するとゲームクリアとなります。クリア後は、一度暗室から出て休憩していただきます。

画面に開始画面が表示されていますか？

それでは準備ができましたらスタートボタンを押して、実験を開始してください。

(本番ブロック 1 終了)

お疲れ様でした。(カーテンを開ける)

それでは休憩に入ります。

(5 分休憩)

(本番用プログラムを起動)

そろそろよろしいでしょうか？（暗室へ）

次のゲームでは、先ほどとルールは同じです。しかし、間違えたときに出る警告画面が、

○全点灯画面の場合

先ほどは全てのボタンが消灯しましたが、今度は全てのボタンが点灯します。

○全消灯画面の場合

先ほどは全てのボタンが点灯しましたが、今度は点灯していた全てのボタンが消えます。

その他のゲームの進め方は先ほどと変わりません。練習は行いませんが、なにか質問はありますか？

~~~~~  
繰り返しになりますが、ボタン押しは利き手の人差し指一本でできるだけ速く正確に押し、押す際に指をスライドさせないようにお願いします。また、一度スタートボタンを押したら、再び開始画面が表示されるまでは休まず押し続けてください。警告画面ではボタンを押しても反応しませんので注意してください。（適宜繰り返す）  
~~~~~

それではカーテンを閉めさせていただきます。光の漏れはありませんか？

それでは本番を行っていただきます。20 個のボタン押しを間違えずに合計 30 回達成するとゲームクリアとなります。クリア後は、一度暗室から出て休憩していただきます。

画面に開始画面が表示されていますか？

それでは準備ができましたらスタートボタンを押して、実験を開始してください。

（本番ブロック 2 終了）

お疲れ様でした。（カーテンを開ける）

それでは休憩に入ります。

（5 分休憩）

（練習プログラムを起動）

そろそろよろしいでしょうか？（暗室へ）

それでは、続けて行う実験の説明をさせていただきます。先ほどのようなボタンを順番通りに押していくゲームであることは変わりません。また、間違えたときに音が鳴り、警告画面が表示されることも変わりませんが、この画面の後からが変化しています。

☆All-back の場合

先ほどまでは警告画面の後、再び同じボタンが点灯しましたが、今回からは開始画面に戻ります。そしてスタートボタンを押し、一番初めのセットからやり直します。一度に 4 個のボタンが点灯し、連続で 5 セット、合計で 20 個のボタンを正しい順序で押すと OK と表示され、開始画面に戻りますので、スタートボタンを押して先ほどと同じ順序でボタンを押して行ってください。

☆Zero-back の場合

先ほどまでは警告画面の後、開始画面に戻っていましたが、今回からは消えた後に再び間違えたときと同じボタンが点灯するので、もう一度そのセットをやり直してください。その後、5 セット目まで正しい順序を見つけると画面に Return と表示され、開始画面に戻りますので、スタートボタンを押して同じ順序でボタンを押して行ってください。一度に 4 個のボタンが点灯し、連続で 5 セット、合計で 20 個のボタンを正しい順序で押すと OK と表示され、開始画面に戻ります。こちらも同じようにスタートボタンを押して、先ほどと同じ順序でボタンを押して行ってください。

5 セット、合計 20 個のボタンを間違えることなく押すことを、練習は 5 回、本番は 30 回達成することができればゲームクリアとなります。

また、今回のゲームは、間違えたボタンを押すと、一番最初のゲームと同じで、音と共に

○全点灯画面の場合

全てのボタンが点灯する警告画面が表示されます。

○全消灯画面の場合

点灯していたボタンが全て消える警告画面が表示されます。

ここまでで何か質問等がありますか？

~~~~~  
繰り返し文  
~~~~~

では、カーテンを閉めさせていただきます。

光の漏れはありませんか？

それではまず、練習を行います。スタートボタンを押して始めてみてください。

(練習ブロック 3 終了)

お疲れ様でした。練習してみてわからないところはありましたか？

(本番用プログラムを起動)

それでは続けて本番を行っていただきます。本番では 20 個のボタン押しを間違えずに合計 30 回達成するとゲームクリアとなります。クリア後は、一度暗室から出て休憩していただきます。

画面に開始画面が表示されていますか？

それでは準備ができましたらスタートボタンを押して、実験を開始してください。

(本番ブロック 3 終了)

お疲れ様でした。(カーテンを開ける)

それでは休憩に入ります。

(5 分休憩)

(本番用プログラムを起動)

そろそろよろしいでしょうか？(暗室へ)

次のゲームは、先ほどとルールは同じです。しかし、間違えたときに出る警告画面が、

○全点灯画面の場合

先ほどは全てのボタンが消灯しましたが、今度は全てのボタンが点灯します。

○全消灯画面の場合

先ほどは全てのボタンが点灯しましたが、今度は点灯していたボタンが全て消えます。

その後のゲームの進め方は先ほどと変わりません。練習はありませんが、質問等はありませんか？

~~~~~  
~~~~~

それではカーテンを閉めさせていただきます。光の漏れはありませんか？

それでは本番を行っていただきます。本番では 20 個のボタン押しを間違えずに合計 30 回達成するとゲームクリアとなります。

開始画面が表示されていますか？それでは準備ができましたらスタートボタンを押して、

実験を開始してください。

(本番ブロック 4 終了)

お疲れ様でした。(カーテンを開ける)

以上で実験は終了となります。最後に、こちらのアンケートへご協力をお願いします。

(実験後調査への記入)

(記録表に実験終了時刻を記入)

ありがとうございます。謝礼は後日振り込みとなります。

本日は実験にご参加いただきありがとうございました。

○実験参加者が退室

- ・入り口の実験中表示を取る
- ・スピーカーの電源を切る
- ・データをフォルダにまとめる
- ・プリンターの電源を入れる

ID _____

実験 1 記録表

_____ 年 _____ 月 _____ 日

年齢：_____ 歳

開始時刻：_____

性別： 男 ・ 女 _____

終了時刻：_____

利き手 左 ・ 右 _____

系列順序：_____ 系列→ _____ 系列

警告画面：_____ → _____

	条件	ボタン系列	時刻	データファイル	備考
練習 1		.txt	~	.CSV	
本番 1		.txt	~	.CSV	
本番 2		.txt	~	.CSV	
練習 3		.txt	~	.CSV	
本番 3		.txt	~	.CSV	
本番 4		.txt	~	.CSV	

ID _____

実験前調査

○年齢： _____ 歳

○性別： 男性 ・ 女性

○利き手： 左 ・ 右

ID _____

実験後調査

○この実験について、感想をお聞かせください。(自由回答)

○ボタンの順序を覚える際に、何か覚え方などありましたか？

○間違った順序でボタンを押した際に、開始画面に戻る場合とそのセットに戻る場合では、どちらが覚えやすかったですか？

○警告画面の違い（全ボタンが点灯、または消灯）について、覚えやすさに違いは感じましたか？

○本実験についての予備知識はありましたか？また、今までに同様の実験を受けたことはありましたか？

手順書・教示文

- ・ディスプレイの設置、位置を調整
- ・PC を（再）起動
- ・タッチパネルの接続、反応確認
- ・実験用ディスプレイ、Matlab 操作用ディスプレイの切り替え確認
- ・スピーカーの確認
- ・Matlab を起動、動作確認、音量調整
- ・ボタンラベル、ボタン系列を作成
- ・入口に実験中の張り紙をする
- ・ID を記録表に書き込む
- ・実験記録表に条件を記入
- ・参加者の筆記用具を用意
- ・携帯電話の設定を確認
- ・練習用プログラムを起動

◎実験参加者入室、着席

（記録表に実験の開始時刻を記録）

本日は実験に参加していただきありがとうございます。この実験の担当をします、知覚・認知心理学研究室の保科です。よろしくお願ひします。

まず、こちらの同意書に目を通していただき、実験参加に同意していただける場合には、日付、住所、氏名の記入をお願いします。2 枚とも同じ内容となっていますので、どちらも記入をお願いします。

（同意書の記入、確認後、一枚は被験者へ。もう一枚は ID を書き込んで保管）

次に、こちらのアンケートへの回答をお願いします。

（実験前調査の記入、確認し ID を書き込んで保管）

ありがとうございます。実験を始める前に、携帯電話をお持ちでしたら電源を切るか、音や振動が出ない設定にするようお願いします。普段眼鏡を着用されている場合は、おかけください。

それではまず、実験の説明をさせていただき、その後、実際に練習した後、本番を行っていただきます。

(図を使って説明)

この実験では、ディスプレイモニターとタッチパネルモニターを 1 台ずつ使用します。奥がディスプレイモニター、手前がタッチパネルモニターです。実験では、奥のディスプレイに表示された一文字のアルファベットを、手前のタッチパネルに表示されたボタンから選び、タッチする操作を行ってもらいます。

(スタート画面の図を見せる) まず、各ブロックはこのような画面からスタートします。開始するよう私から指示され、準備ができましたらタッチパネルをタッチすることで試行が始まります。

(課題中の例の図を見せる) 試行が始まると、タッチパネルには 6 個のアルファベットのボタンが表示されます。そして、奥のディスプレイの上部には、その中から一文字のアルファベットが表示されます。それと同じボタンをタッチパネルから選び、タッチしてください。正しくボタンを押せると、300 ミリ秒後にディスプレイの上部に別の一文字が表示されますので、同じように手元のボタンから選ぶ、ということを繰り返していきます。

ボタンをタッチしたときは音が鳴りますが、ボタンを間違えてしまうと、正しいボタンを押した時とは違う音が鳴りますので、そのときは正しいボタンを押しなおしてください。一文字に対して正しいボタンを押すことを 1 試行として、90 試行で 1 ブロックが終了します。

(終了画面の図を見せる) ブロックが終了する際は、このような画面が表示され、終了の合図の音が出ます。

そして、ここが大事なポイントなのですが、これらの操作は、各ブロックで操作をする手が決められています。(左手/右手) のみもしくは両手で操作してもらう 2 種類の操作方法があります。

(左手/右手) のみで操作する場合は、(左手/右手) の人差し指のみで、6 個全てのボタンの操作を行ってください。

両手で操作をする場合は、左側の 3 つを左手の人差し指で、右側の 3 つを右手の人差し指で押して、操作を行ってください。

ブロックを開始する前に、必ず (左手/右手) のみで操作をするか、両手で操作をするか、こちらから指示をしますので、必ずその方法で操作するようお願いします。

その他の注意点を申し上げます。ボタンを押す操作は、指示された手の人差し指だけで、できるだけ速く、正確に押してください。押す際には、画面に指をスライドさせないようお願いします。また、ブロックがスタートしたら、「finish」と描かれた終了画面になるまで、休まず押し続けてください。しかし、もし途中で気分が悪くなったり、どうしても休憩がとりたいという場合は、試行中であっても遠慮なく声をかけてください。

では、実際に練習をしていただきますが、ここまでで質問はありますか？

(実験設備の前に移動)

それでは、タッチパネルにタッチしやすいように椅子の高さを調整してください。練習中であれば、椅子の高さを変えていただいても大丈夫です。

☆片手→両手条件が先の場合

それではまず、(左手/右手)のみで操作する場合の練習です。全ての操作は、(左手/右手)の人差し指で行ってください。最初だけ説明しながら練習します。では、タッチパネルをタッチしてください。ディスプレイに表示されたアルファベットと同じボタンをタッチしてください。このように正しいタッチだと、今の音が鳴ります。今度は、間違ったボタンを押してください。間違ってしまうと、今のような音が鳴ります。この場合は、正しいボタンを押しなおしてください。では、終了画面になるまで操作してみてください。

(練習を見て問題があれば指摘)

では次に、両手で操作する場合の練習です。先ほどの練習とボタンのアルファベットが変わります。両手操作は、左側3つのボタンは左手、右側3つは右手の人差し指で操作してください。準備ができれば、タッチパネルをタッチし、終了画面になるまで操作してみてください。(練習を見て問題があれば指摘)

☆両手→片手条件が先の場合

それではまず、両手で操作する場合の練習です。両手操作は、左側3つのボタンは左手、右側3つは右手の人差し指で操作してください。最初だけ説明しながら練習します。では、タッチパネルをタッチしてください。ディスプレイに表示されたアルファベットと同じボタンをタッチしてください。このように正しいタッチだと、今の音が鳴ります。今度は、間違ったボタンを押してください。間違ってしまうと、今のような音が鳴ります。この場合は、正しいボタンを押しなおしてください。では、終了画面になるまで操作してみてください。(練習を見て問題があれば指摘)

では次に、(左手/右手)のみで操作する場合の練習です。先ほどの練習とボタンのアルファベットが変わります。全ての操作は、(左手/右手)の人差し指で行ってください。準備ができれば、タッチパネルをタッチし、終了画面になるまで操作してみてください。

(練習を見て問題があれば指摘)

(ディスプレイを切り替え)

お疲れさまでした。練習してみてわからないところはありましたか？

椅子の高さは今のままで大丈夫ですか？(必要なら調整してもらおう)

ではこれ以降、椅子の高さは変えないようにお願いします。

(本番用プログラムを起動)

(ディスプレイを切り替え)

それでは、本番を行っていただきます。このブロックは、(右手のみ/左手のみ/両手)で操作を行ってください。では、準備ができればタッチして始めてください。

(セッション1ーブロック1終了)

(ディスプレイを切り替えてプログラムを終了)

~~~~~

お疲れさまでした。次のブロックの前に休憩をとることもできますが、どうしますか？

(本番用プログラムを起動)

(ディスプレイを切り替え)

それでは、次のブロックに入ります。このブロックは先ほどとボタンのアルファベットの配置は変わりません。また、引き続き(右手のみ/左手のみ/両手)で操作を行ってください。では、準備ができれば始めてください。

(ブロック2終了)

(ディスプレイを切り替えてプログラムを終了)

お疲れさまでした。次のブロックの前に休憩をとることもできますが、どうしますか？

(本番用プログラムを起動)

(ディスプレイを切り替え)

それでは、次のブロックに入ります。このブロックは先ほどとボタンの配置は変わりません。また、引き続き(右手のみ/左手のみ/両手)で操作を行ってください。では、準備ができれば始めてください。

(ブロック3終了)

(ディスプレイを切り替えてプログラムを終了)

お疲れさまでした。次のブロックの前に休憩をとることもできますが、どうしますか？

(本番用プログラムを起動)

(ディスプレイを切り替え)

それでは、次のブロックに入ります。このブロックは先ほどとボタンの配置は変わりません。また、引き続き（右手のみ/左手のみ/両手）で操作を行ってください。では、準備ができれば始めてください。

(ブロック 4 終了)

(ディスプレイを切り替えてプログラムを終了)

~~~~~

お疲れさまでした。次のブロックの前に休憩をとることもできますが、どうしますか？

(本番プログラムを起動)

(ディスプレイを切り替え)

では、次のブロックに入ります。このブロックは先ほどまでとボタンのアルファベットの配置は変わりません。ですが、このブロックは、（右手のみ/左手のみ/両手）で操作を行ってください。操作する手を間違えないように、気を付けてください。では、準備ができればタッチして始めてください。

(セッション 2 - ブロック 1 終了)

~~~~~

(セッション 2 - ブロック 2 ~ 4 を行う)

~~~~~

お疲れさまでした。ここで 10 分休憩を取ります。トイレなどはこの時間に済ませてください。

(本番プログラムを起動)

(ディスプレイを切り替え)

そろそろよろしいでしょうか？

では、次のブロックに入ります。このブロックは先ほどまでとボタン配置が違います。また、このブロックは（右手のみ/左手のみ/両手）で操作を行ってください。では、準備ができれば始めてください。

(セッション 3 - ブロック 1 終了)

~~~~~

(セッション 3 – ブロック 2～4 を行う)

~~~~~

お疲れさまでした。次のブロックの前に休憩をとることもできますが、どうしますか？

(本番用プログラムを起動)

(ディスプレイを切り替え)

では、次のブロックに入ります。このブロックは先ほどまでとボタン配置は変わりません。ですが、このブロックは、(右手のみ/左手のみ/両手) で操作を行ってください。操作する手を間違えないように、気を付けてください。では、準備ができたなら始めてください。

(セッション 4 – ブロック 1 終了)

~~~~~

(セッション 4 – ブロック 2～4 を行う)

~~~~~

お疲れさまでした。以上で実験は終了となります。最後に、こちらのアンケートへご協力をお願いします。

(実験後調査への記入、気になる部分があれば質問 ID を記入して保管)

(記録表に実験終了時刻を記入)

ありがとうございます。謝礼は後日振り込みとなります。

本日は実験へのご参加ありがとうございました。

◎実験参加者が退室

- ・入り口の実験中表示を取る
- ・スピーカーの電源を切る
- ・データをフォルダにまとめる
- ・系列、ボタン配置のデータをフォルダにまとめる

ID _____

1/2

実験記録表

_____年 _____月 _____日

開始時刻： _____

終了時刻： _____

年齢： _____ 歳

性別： 男 ・ 女 _____

利き手 左 ・ 右 _____

片手条件： 利き手 ・ 非利き手 _____

前半順序： _____

後半順序： _____

		時刻	データファイル	備考
練習	練習 1	~	.CSV	
	練習 2			
セッション 1	ブロック 1	~	.CSV	
	ブロック 2	~	.CSV	
	ブロック 3	~	.CSV	
	ブロック 4	~	.CSV	
セッション 2	ブロック 1	~	.CSV	
	ブロック 2	~	.CSV	
	ブロック 3			

		時刻	データファイル	備考
セッション 3	ブロック 1	~	.CSV	
	ブロック 2	~	.CSV	
	ブロック 3	~	.CSV	
	ブロック 4	~	.CSV	
セッション 4	ブロック 1	~	.CSV	
	ブロック 2	~	.CSV	
	ブロック 3		.CSV	
	ブロック 4	~	.CSV	
	ブロック 4	~	.CSV	

ID _____

※任意の休憩時間等があれば記録

ID _____

実験前調査

○年齢： _____ 歳

○性別： 男性 ・ 女性

○利き手： 左 ・ 右

ID _____

実験後調査

○この実験について、感想をお聞かせください。(自由回答)

○①最初に両手で操作をした場合 と ②最初に片手で操作した場合 でどちらの方がすぐに操作に慣れましたか？

○①最初に両手で操作をした後に片手で操作した場合 と ②最初に片手で操作をした後に両手で操作した場合 で、後半の操作において違和感や難しさがありましたか？また、それは①、②で違いがありましたか？

○上の質問の①、②の場合について、ディスプレイに表示される文字が同じ順序で繰り返していたことに気がつきましたか？

○普段、スマートフォンを使用する際は両手・片手のどちらで使いますか？どちらでも使用する方は、どのような状況で使い分けていますか？

○本実験についての予備知識はありましたか？また、今までに同様の実験を受けたことはありましたか？